Die Lehre von den Brennmateria...

Richard Krüger

Die Lehre von den Brennmaterialien.

Die

Lehre von den Brennmaterialien.

Beschreibung
der
chemischen Zusammensetzung, Gewinnung u. Fabrikation
aller
natürlichen und künstlichen, festen, flüssigen und gasförmigen Brennstoffe,
sowie ihrer Brennkraft, Verdampfungsfähigkeit und Heizkraft,
ihres Luftverbrauchs
und ihrer zweckmäßigsten Verwendung, nebst Untersuchungen ihres Brennwerthes.

Zum Gebrauche
für Fabrikanten, Techniker, Landwirthe und Kaufleute,
sowie zum Unterrichte an technischen Lehranstalten.

Bearbeitet von
Richard Krüger,
Bauingenieur, Fachlehrer an den technischen Fachschulen der Stadt Buxtehude.

Mit vielen Tabellen.

Jena,
Hermann Costenoble.
1883.

Vorrede.

Unsere häuslichen, technischen und gewerblichen Feuerungsanlagen zeigen die mannigfachsten Constructionssysteme und verlangen zu ihrem Betrieb die verschiedensten Brennmaterialien. Unter den vielen, natürlichen und künstlichen Brennstoffen den für jede Feuerungsanlage geeignetsten auszuwählen, ist nicht leicht, und oft wird man erst nach längeren Versuchen den richtigen ermitteln. Aber wie wichtig ist die richtige Auswahl, wie viel könnte jährlich erspart werden, wenn die Heizung rationell betrieben würde! —

Die Wahl bedingt aber vor Allem eine Kenntniß der Eigenschaften und elementaren Zusammensetzungen unserer Heizmaterialien, sodann aber auch eine praktische Erfahrung.

Das vorliegende Werk ist nun dazu bestimmt, diese Kenntniß Jedermann zu verschaffen und bei der Wahl des zweckmäßigsten Brennmateriales ein Führer und Rathgeber zu sein; es soll dasselbe aber auch im Speciellen meinen Schülern, sowie den Studirenden anderer technischen Lehranstalten zum Selbststudium dienen, weil die Kenntniß dieses wichtigen Kapitels der chemischen Technologie auch zum richtigen Entwerfen von Heizanlagen unbedingt erforderlich ist.

Ich bin bestrebt gewesen, alles Wissenswerthe und manches Neue in leicht verständlicher, aber knapper Form darzubieten, um nicht durch Weitschweifigkeit das Studium zu erschweren,

und habe mich bemüht, die Frage nach den, in jeder Beziehung besten Brennmaterialien nach sorgfältigen Vergleichen und Untersuchungen, die im achten Abschnitt dieses Werkes in Kürze wiedergegeben, richtig zu beantworten; ob mir dies aber gelungen ist, muß ich dem Urtheile Sachverständiger überlassen.

Und so möge denn das Werk seine Wanderung beginnen, überall freundliche Aufnahme finden und Nutzen stiften! —

Buxtehude, den 18. Januar 1883.

Richard Krüger.

Benutzte Werke.

Deutsches Bauhandbuch, Angewandte Chemie und Technologie. Band I., S. 388—396.

Der Ingenieur, Formelsammlung von Prof. Dr. J. Weisbach.

Die Brennmaterialien und die Feuerungsanlagen für Fabrik, Gewerbe und Haus von Dr. Hermann Grothe.

Handbuch für den Bau der Feuerungsanlagen u. s. w. von Dr. Menzel und Georg. Theil I.

Der Bau der Feuerungsanlagen von W. Jeep. (Erstes Bändchen.)

Ueber Heizmaterialien von G. K. Strott.

Meyer's Conversations-Lexikon.

Technische Chemie von Prof. Dr. E. L. Schubarth.

Inhalts-Verzeichniß.

Seite

Vorrede.

Erster Abschnitt.

Die Brennmaterialien, ihre Brennbarkeit und Flammbarkeit, Brennkraft und Heizkraft, Verdampfungsfähigkeit und Heizwerth. — Physikalische Gesetze über die Wärmeaufnahme und Wärmeausstrahlung der Körper. — Bestimmung des Heizwerthes und der Wärmemenge eines Brennstoffes. — Wärmeerforderniß in Wohnhäusern und Fabriken.

Zweiter Abschnitt.

Zusammensetzung, Wassergehalt, Gewicht und Heizwerth der verschiedenen Holzarten. Ihre Härte, Spaltbarkeit, Dauerhaftigkeit und Festigkeit. Die Fällzeit. Berechnung des Holzvolumens. Die harten und weichen Holzarten, Laub- und Nadelhölzer. Vergleiche.

Dritter Abschnitt.

Gewinnung und Eigenschaften der Holzkohle, des Torfes und der Torfkohle. Ihre Verwendung und Heizkraft.

Vierter Abschnitt.

Die Entstehung der Braunkohlen und Steinkohlen; ihre Varietäten, chemische Zusammensetzungen, Eigenschaften und Verwendungen. — Die Fabrikation der Braunkohlen- und Steinkohlencoke, deren Eigenschaften, Bestandtheile und Benutzungen.

Fünfter Abschnitt.

Künstliche Brennstoffe: Briquettes, Preßsteine, Peras aus Steinkohlen und Braunkohlen, Torfziegel, Pariser Holzkohle, Loh- und Zündkuchen ꝛc. ꝛc. Ihre Fabrikationen, Eigenschaften und Verwendungen.

Sechster Abschnitt.

Die flüssigen und gasförmigen Brennstoffe: Petroleum, Spiritus, Theer; Leuchtgas, Holzgas, Torfgas ꝛc. ꝛc. Ihre chemischen Zusammensetzungen, Eigenschaften und Verwendungen.

Siebenter Abschnitt.

Außergewöhnliche Brennmaterialien: Brennberge (bituminöse Schiefer), Stroh, Mist, Fett.

Seite

Achter Abschnitt.

Vergleiche in Bezug auf Brennkraft und Verdampfungsfähigkeit, auf Heizkraft und Luftverbrauch, auf Brennbarkeit und Flammbarkeit und auf Preis. Bestimmung des Brennwerthes. — Welches ist das beste Brennmaterial?

Erster Abschnitt.

Die Brennmaterialien, ihre Brennbarkeit und Flammbarkeit, Brennkraft und Heizkraft, Verdampfungsfähigkeit und Heizwerth. — Physikalische Gesetze über die Wärmeaufnahme und Wärmeausstrahlung der Körper. — Bestimmung des Heizwerthes und der Wärmemenge eines Brennstoffes. — Wärmeerforderniß in Wohnhäusern und Fabriken.

§ 1. Unsere Brennmaterialien.

Von der größten Wichtigkeit für unsere häuslichen, gewerblichen und technischen Feuerungsanlagen ist die Kenntniß der Leistungsfähigkeit der verschiedenen Heizmaterialien in Bezug auf Brennbarkeit, Flammbarkeit und Wärmeentwickelung (Brennkraft und Heizkraft).

Die richtige Beantwortung der Frage, welches Brennmaterial ist für diesen oder jenen Zweck das vortheilhafteste in jeder Beziehung, welcher Brennstoff liefert uns nicht nur den nothwendigen Maximal-Heizeffect, sondern ist dabei auch der billigste, hat eine außerordentliche Bedeutung für den rationellen Betrieb einer Feuerungsanlage.

Aber die Beantwortung dieser höchst wichtigen Frage ist angesichts der vielen, im Handel vorkommenden Heizmaterialien keine leichte, und sie kann nur erfolgen unter gehöriger Berücksichtigung der chemischen Zusammensetzung derselben, weil von dieser Stoffbeschaffenheit die Größe der Wärmeentwickelung

abhängt, und unter gründlicher Erwägung aller der, bei der betreffenden Feuerungsanlage auftretenden Nebenumstände.

Ob es sich nämlich um die Heizung eines Stubenofens oder eines Küchenherdes, eines Kachelofens oder eines eisernen handelt, ob also durch das Brennmaterial eine Erwärmung von Räumen oder Speisen, eine langanhaltende, langsam erfolgende oder eine kurze, aber möglichst schnelle Erwärmung beabsichtigt wird, das wird in erster Linie auf die Wahl des zweckmäßigsten Brennstoffes von Einfluß sein.

Handelt es sich beispielsweise nur um die Erwärmung von Wohnräumen, so braucht die durch das Brennmaterial erzeugte Wärmemenge keine so große zu sein, als wenn durch dasselbe etwa ein Schmelzproceß (von Metallen) verrichtet werden soll. —

Unsere Aufgabe soll es nun sein, im Folgenden nach Beschreibung der einzelnen Brennmaterialien dieselben auf ihren Heizwerth sorgfältig zu untersuchen und zum Schluß durch Vergleiche festzustellen, welche Heizmaterialien bei unseren häuslichen oder gewerblichen oder technischen Feuerungsanlagen am zweckmäßigsten Verwendung finden.

Unter Brennmaterialien verstehen wir alle die Körper, welche durch ihre Verbrennung an der Luft Wärme erzeugen und zur Wärmeproduction verwendet werden. Wir unterscheiden drei Arten von Brennmaterialien: die starren, flüssigen und gasförmigen.

Zu den **starren,** welche die wichtigsten sind, gehört in erster Linie als das älteste Brennmaterial das Holz, ferner rechnet man hierzu den Torf, die Braunkohle und Steinkohle mit ihren vielen Varietäten (z. B. Lignit und Anthracit); endlich gehören auch hierher die, aus den vorgenannten Materialien durch Erhitzung bei Abschluß der Atmosphärenluft gewonnenen Brennstoffe: die Holzkohle, die Torfkohle und die Coke (Coaks, Cohks).

Der wichtigste **flüssige** Brennstoff ist das Petroleum

(Erdöl); von geringerer Bedeutung ist der auch hierher zu zählende Spiritus und fast ohne Bedeutung der Theer.

Zu den **gasförmigen** Brennstoffen rechnet man das Leuchtgas, Holz-, Torf-, Wassergas u. s. w.

Hiermit sind aber die Brennmaterialien noch lange nicht erschöpft, sondern neben diesen natürlichen giebt es noch eine Menge künstlich hergestellter Brennstoffe, von denen als die verbreitetsten genannt werden müssen: die Briquettes (Brennsteine, Kohlenziegel), die Peras (künstlichen Steinkohlen) und die pariser Kohle (künstliche Holzkohle).

Zu den ausnahmsweise zur Feuerung benutzten Brennstoffen rechnet man unter Anderem die sog. Brennberge, den Mist, das Fett u. s. w.*)

§ 2. Brennbarkeit und Flammbarkeit.

Alle Brennmaterialien bestehen im Wesentlichen aus Kohlenstoff, Wasserstoff und Sauerstoff und nur in geringeren Quantitäten treten bei den einzelnen Brennstoffen noch andere Elemente (wie z. B. Kali, Magnesia, Natron) auf, die bei der Verbrennung sich theils zu Asche bilden, theils verflüchtigen.

Kohlenstoff und Wasserstoff — diese beiden Elemente sind es, welche verbrennen und dabei Wärme erzeugen, das dritte Element, der Sauerstoff, dient nur zu dem Verbrennungsproceß selbst. Der Wasserstoff verbrennt zu Wasser, der Kohlenstoff zu Kohlensäure (bei ungenügendem Luftzutritt zu Kohlenoxydgas). —

Die Leichtigkeit, mit welcher ein Körper in Brand gesetzt werden kann, nennt man seine **Brennbarkeit,** die natürlich von der Art der chemischen Zusammensetzung, der

*) Zu den Brennstoffen kann man auch im weiteren Sinne die zum Entzünden der Brennmaterialien künstlich hergestellten Zündhölzer und Zündkuchen zählen.

Stoffbeschaffenheit des Brennmateriales abhängen wird. Die Brennbarkeit ist um so größer, je poröser und undichter das Brennmaterial ist, je weniger Feuchtigkeit und je mehr Wasserstoffgas es enthält, weil letzteres sich bekanntlich sehr leicht entzündet.

Auch der Gehalt an Kohlenstoff kommt hierbei in Betracht, namentlich aber dann, wenn eine Verbindung des Wasserstoffes mit dem vorhandenen, brennstofflosen Sauerstoff zu Wasser*) angenommen werden muß.

Hiernach wird die Brennbarkeit sehr groß sein beim Sumpfgas und beim ölbildenden Gas, das bei einer Verbindung des Wasserstoffes mit Kohlenstoff entsteht, groß beim trockenen Torfe, weniger groß beim Holze, gering bei den Kohlenarten, die ja bekanntlich erst durch brennenden Torf oder Holz oder Petroleum in Brand gesetzt werden können. —

Die Eigenschaft einiger Brennmaterialien, bei ihrem Verbrennen eine leuchtende Flamme zu zeigen, nennt man **„Flammbarkeit"**. Diese Flamme wird nur durch die im Brennstoffe befindlichen Gase erzeugt; es werden deshalb besonders diejenigen Brennmaterialien mit hoher Flamme verbrennen, welche einen großen Gehalt an Wasserstoffgas besitzen (wie z. B. das Petroleum, das Gas, das Holz), während die durch Verkohlung entstandenen Brennmaterialien, aus denen der Wasserstoff (und der Sauerstoff) durch trockene Destillation herausgeschafft ist, ohne große Flammenbildung verbrennen (wie beispielsweise die Holzkohle und die Steinkohlenkoke).

§ 3. Brennkraft, Heizkraft und Verdampfungsfähigkeit.

Die Wärme, welche ein Brennmaterial bei seiner Verbrennung entwickelt, läßt sich nach ihrer Menge (Quantität) und nach ihrer Stärke (Intensität) bemessen. Mißt man die

*) 1 Theil Wasserstoff + 8 Theile Sauerstoff geben Wasser.

Wärme nur nach ihrer Quantität, so bekommt man die sog. **Brennkraft** oder den spezifischen oder absoluten Wärmeeffect des verbrennenden Stoffes; mißt man dagegen den Temperaturgrad der Wärme, so erhält man die **Heizkraft** oder den pyrometrischen Wärmeeffect. (Siehe § 7 bezw. § 48).

Der Werth eines Brennmateriales — **Brennwerth** oder **Heizwerth** — ergiebt sich vorzugsweise aus der Brennkraft und Heizkraft zusammengenommen; die Brennbarkeit ist bei dieser Werthbestimmung nur von geringerem, die Größe der Flammbarkeit dagegen von gar keinem Werthe, wohl aber spielt auch der Kostenpunkt hierbei eine große Rolle. (Siehe §§ 50 und 51.)

Nur bei technischen und gewerblichen Feuerungsanlagen (z. B. Dampfkesselfeuerungen) wird man den Heizwerth eines Brennmateriales hauptsächlich nach seiner **Verdampfungsfähigkeit** bestimmen. Man versteht darunter die Zahl, welche angiebt, wie viel Kilogramme (oder Cubikmeter) Wasser von einem Kilogramm des betreffenden Brennmateriales in Dampf (von 100° oder 150° C.) verwandelt werden können.

Wenn man die Verdampfungsfähigkeit mit dem Preise des Brennmateriales in Vergleich bringt, so kann man leicht unter den offerirten das preiswürdigste, vortheilhafteste herausfinden.

Nehmen wir beispielsweise an, daß einer Fabrik zwei Sorten Steinkohlen angeboten würden, welche eine Verdampfungsfähigkeit von 3 zu 2 nach gründlich angestellten Heizversuchen ergeben d. h., daß 2 Kilogramm der Steinkohle A ebensoviel Wasser verdampfen, wie 3 Kilogramm der Steinkohle B. Wären beide Steinkohlen im Preise gleich, so wäre A die preiswürdigere, wäre A noch einmal so theuer als B, so wäre B vortheilhafter; es würden beide Kohlen aber gleich vortheilhaft und preiswürdig sein, wenn 2 Kilogramm von A ebensoviel kosten wie 3 Kilogramm von B, wenn sich also die Preise von A und B verhalten wie 3 zu 2. Hieraus folgt:

Zwei Brennmaterialien sind gleichwerthig, wenn sich ihre Verdampfungsfähigkeiten verhalten wie ihre Preise. Bezeichnet

man mit D die Verdampfungsfähigkeit und mit P den Preis des einen, mit d die Verdampfungsfähigkeit und p den Preis des anderen Brennmateriales, so findet hiernach statt:

1) $D : d = P : p$ oder

2) $D . p = d . P$.

in Worten:

Zwei Brennmaterialien sind gleichwerthig, wenn die Producte, gebildet aus der Verdampfungsfähigkeit des einen und dem Preise des anderen Brennmateriales, ein und dieselbe Größe ergeben.

Aus Gleichung 2) kann man leicht D, d, P, p berechnen, falls 3 von ihnen gegeben sind. Es ist

3) $D = \frac{d . P}{p}$

4) $d = \frac{D . p}{P}$

5) $P = \frac{D . p}{d}$

6) $p = \frac{d . P}{D}$.

Diese Gesetze lassen sich ebenfalls leicht durch Worte ausdrücken.

Das **Messen der Brennkraft** eines Heizmaterials d. h. die Bestimmung der Wärme nach ihrer Quantität geschieht nach Wärmeeinheiten oder Calorien. Man versteht unter einer Calorie diejenige Wärmemenge, die erforderlich ist, um die Temperatur von einem Kilogramm Wasser (einem Kubikdecimeter oder Liter) um einen Grad (Celsius) zu erhöhen.

Mittelst dieser Wärmeeinheit kann man also alle die, einem Körper zugeführte oder entzogene, die durch ihn erzeugte oder verbrauchte Wärme der Quantität nach messen und durch Vergleiche dieser Messungen leicht konstatiren, welches Material die größte Brennkraft besitzt.

Wie diese Wärmemenge berechnet wird, soll in § 7 näher gezeigt werden.

Der **Grad der Temperatur der erzeugten Wärme** d. h. die **Heizkraft** wird gemessen mit Hilfe des Thermo-

meters und zwar entweder nach dem von Réaumur oder Celsius oder Fahrenheit erfundenen. Wir werden in dieser Arbeit stets den hunderttheiligen Thermometer von Celsius unseren Berechnungen zu Grunde legen. Es sind t Grad Celsius (t^0 C.) bekanntlich gleich $^4/_5\, t^0$ Réaumur oder gleich $^9/_5\, t + 32^0$ Fahrenheit; hiernach lassen sich leicht unsere Angaben nach den andern Thermometerskalen umrechnen.

Die Temperaturen, welche man praktisch erhält, sind nicht so hoch als die, welche man bei Experimenten vermittelst des sog. Pyrometers (Feuermessers) erzielt, weil die Brennstoffe nicht mit reinem Sauerstoff, wie bei diesen chemischen Untersuchungen, sondern mit Luft verbrennen, welche bekanntlich nur aus 21 Theilen Sauerstoff und 79 Theilen Stickstoff hauptsächlich besteht, welch' letzterer natürlich eine Menge Hitze absorbirt.

Wir werden in § 48 die Berechnung dieser praktisch erreichbaren Temperaturen durchführen.

§ 4. Physikalische Gesetze über die Wärmeaufnahme und Wärmeausstrahlung der Körper.

In einem Kapitel der Physik und zwar in der „Theorie der Wärme" werden die Gesetze entwickelt, welche sich auf die Wärmeaufnahme und Wärmeausstrahlung der Körper beziehen; von denen sind namentlich die folgenden drei für uns von Interesse. Sie lauten:

1) Es können Körper umsomehr Wärme in sich aufnehmen, je lockerer ihr Gefüge, je rauher und dunkler ihre Oberfläche ist.

2) Die Körper mit dunkler Farbe und rauher Oberfläche haben eine intensivere Wärmeausstrahlung als die hellgefärbten und glatten.

3) Dichte Körper vermögen weniger Wärme auszustrahlen als solche, die weniger dicht und locker sind.

Diese Gesetze kennt Jedermann aus dem Leben. Wir legen im Winter dunkle, im Sommer helle Kleidung an, um bei kalter Witterung möglichst viel Wärme aufzunehmen und unserem Körper zuzuführen und bei herrschender Hitze möglichst viel Wärme auszustrahlen und von unserem Körper abzuleiten. Wir wissen, daß Schwarz warm, Weiß kühl macht; wir streichen unsere Häuser mit weißer oder wenigstens heller Farbe an, um möglichst kühle Wohnräume zu erhalten. —

Wenden wir diese Gesetze auf unsere Heizmaterialien an, so erkennen wir leicht, daß die Kohlen z. B. mehr Wärme auszustrahlen vermögen als Holz, weil dieses hellere Färbung zeigt, daß ferner Holzkohle mehr Wärme in sich aufnehmen kann als Kohlen und Holz, weil ihr Gefüge sehr locker, ihre Farbe dunkel ist, daß endlich die Koke zu den guten Heizmaterialien wird gerechnet werden müssen, weil sie alle obigen Bedingungen erfüllt; sie besitzt dunkle Farbe, rauhe Oberfläche, lockeres Gefüge, wird also nicht nur sehr viel Wärme in sich aufnehmen, sondern solche auch sehr intensiv ausstrahlen.

Die Fortpflanzung der Wärme geschieht durch Leitung oder Strahlung.

Die Wärmeleitung kann nur bei ein und demselben Körper oder bei verschiedenen, in Berührung stehenden Körpern erfolgen. Die Wärme pflanzt sich hier von einem Theilchen zum anderen fort, bis der ganze Körper allüberall gleichen Wärmengrad zeigt.

Die Wärmestrahlung dagegen kann nur bei getrennt liegenden Körpern stattfinden. Die zwischen denselben befindliche Luftschicht wird alsdann von den Wärmestrahlen durchbrochen. (Beispiel: die Erwärmung der Erde durch Sonnenstrahlen.)

Es haben aber auch manche festen Körper das Vermögen Wärmestrahlen durch sich selbst hindurchgehen zu lassen (z. B.

das Glas, das Eis, der Glimmer). Solche Körper führen den Namen „durchstrahlbare".

Die strahlende Wärme hat auf die verschiedenen Körper auch eine verschiedene Wirkung; ebenso ist die Leitungsfähigkeit der Körper eine sehr verschiedene. (Gute Leiter: die Metalle; mittelgute: die Gesteine; schlechte: die organischen Körper; sehr schlechte: die gasförmigen Körper).

Es ist bekannt, daß die Fortpflanzung der Wärme durch Leitung langsamer erfolgt als durch Strahlung, denn die Geschwindigkeit der Wärmestrahlen beträgt nicht weniger als 42000 Meilen in einer einzigen Secunde.

§ 5. Specifische, gebundene und freie Wärme.

Unter der „specifischen Wärme" eines Körpers versteht man die Wärmemenge in Calorien ausgedrückt, welche im Stande ist, die Temperatur des Körpers von 1 Kilogramm Gewicht um 1° Celsius zu erhöhen. Die sich hierüber ergebenden Hauptgesetze sind folgende:

1) Je dichter der Körper, desto kleiner seine specifische Wärme.

2) Die specifische Wärme der Körper ist in höheren Temperaturen größer als in niederen.

3) Sie ist den Atomgewichten des Körpers umgekehrt proportional d. h. die Producte aus ihr und den Atomgewichten ergeben bei allen Körpern fast ein und dieselbe Größe.

4) Die specifische Wärme zusammengesetzter Körper (z. B. Metalllegirungen) ist gleich den Summen der specifischen Wärme ihrer Theile.

Bezeichnet man mit S die specifische Wärme und mit G das Gewicht eines Körpers, mit t die Temperaturerhöhung, die der Körper erhalten soll, so ist die hierzu nöthige Wärmemenge (W):

$$W = S \cdot G \cdot t \text{ (in Calorien ausgedrückt).}$$

z. B. sei die spec. Wärme eines schmiedeisernen Kessels S = 0,1138, das Gewicht desselben 1000 kg, das Gewicht seines Wasserinhaltes gleich 7000 kg, und sei verlangt, daß dieses Wasser, welches eine Temperatur von + 10° und eine specifische Wärme = 1*) hat, auf + 110° gebracht werden soll, so sind:

1) Zur Erwärmung des Kessels:
W = 0,1138 . 1000 . 100 = 11 380 Calorien nöthig.

2) Zur Erwärmung des Wassers:
W = 1 . 7000 . 100 = 700 000 Calorien,

zusammen also eine Wärmemenge von 11 380 + 700 000 = 711 380 Calorien erforderlich.

1. Tabelle der specifischen Wärme einiger Körper.

Körper	Specifische Wärme Wasser = 1	Körper	Specifische Wärme Wasser = 1
1. Schmiedeisen	0,1138	14. Glas	0,1922—0,1980
2. Gußeisen	0,1298	15. Kohle	0,2411
3. Stahl	0,1165—0,1175	16. Schwefel	0,2026
4. Kupfer	0,0952	17. Marmor	0,2098
5. Zink	0,0956	18. Ziegelstein	0,118—0,240
6. Zinn	0,0562	19. Eichenholz	0,570
7. Messing	0,0939	20. Atmosphärenluft	0,238 (bei gleichem Druck)
8. Blei	0,0314	21. Wasserdampf	0,475 (bei gleichem Druck)
9. Antimon	0,0508	22. Wasserstoff	3,406 (bei gleichem Druck)
10. Platin	0,0324	23. Stickstoff	0,244 (bei gleichem Druck)
11. Gold	0,0324	24. Kohlensäure	0,216 (bei gleichem Druck)
12. Silber	0,0570	25. Sauerstoff	0,218 (bei gleichem Druck)
13. Quecksilber	0,0324		

Es können Körper Wärme aufnehmen, ohne daß sich ihre Temperatur dadurch erhöht, aber sie gehen alsdann aus einem dichten Zustand in einen weniger dichten über.

*) 1 kg Wasser braucht zur Erhöhung seiner Temperatur um 1° C. eine Wärmeeinheit. (Siehe § 3.)

Diese aufgenommene, durch das Gefühl nicht wahrnehmbare Wärme heißt **gebundene** oder **latente Wärme.** Es wird demnach Dampf sein: Wasser von 100° C. + latente Wärme.

Diese gebundene, nicht fühlbare oder meßbare Wärme wird bei der Veränderung der Dichtigkeit eines Körpers von diesem der Umgebung entzogen, so daß diese eine Temperaturerniedrigung erhält.

(Die latente Wärme des Wassers beträgt etwa 80 Calorien, die des Wasserdampfes 540 Calorien).

Geht ein Körper aus einem weniger dichten Zustand in einen dichteren über, werden gasförmige Körper zu Flüssigkeiten, flüssige zu festen, so wird umgekehrt Wärme **frei**gemacht und diese freigemachte Wärme kommt der Umgebung zu gute.

§ 6. Die Verbrennung.

Zur Einleitung des Verbrennungsprocesses ist in der Regel eine bestimmte erhöhte Temperatur, die sog. Entzündungstemperatur erforderlich. Ist der Verbrennungsproceß eines Körpers einmal eingeleitet, so dient die erzeugte Wärme zur Unterhaltung der Verbrennung.

Die Entzündungstemperatur ist bei den einzelnen Brennmaterialien sehr verschieden; einige lassen sich schon bei sehr niedriger, andere hingegen erst bei sehr hoher Temperatur entzünden. Das Verbrennen hört auf, sobald die Entzündungstemperatur (z. B. durch Wasser) erniedrigt wird.

Die Verbrennung kann vor sich gehen mit oder ohne Flammenbildung; letzteres trifft zu, wenn der Körper, wie wir bereits in § 2 hervorhoben, bei seiner Verbrennung Dämpfe oder brennbare Gase entwickelt, wie z. B. Holz.

Durch Verbrennung wird stets Wärme entwickelt, die um so größer sein wird, je mehr der Körper dem Sauerstoff, mit dem er sich beim Verbrennungsproceß verbindet und diesen

herbeiführt, ähnelt. Hiernach wird der verbrennende Kohlenstoff eine sehr große Wärmemenge erzeugen.

Wir machten bereits im § 2 darauf aufmerksam, daß ein Heizmaterial gut verbrennen wird, wenn es Kohlenstoff und Wasserstoff reichlich besitzt. Da nun der Wasserstoff im Verhältniß zum Kohlenstoff nur in geringen Mengen fast in jedem Brennmaterial (ausgenommen Gas) vorkommt — und zwar im Durchschnitt nur 5—6% Wasserstoff gegen 50—90% Kohlenstoff, so wird es namentlich der Gehalt an Kohlenstoff sein, welcher die Güte eines Brennmaterials bestimmt.

Es wird ein Brennmaterial um so vortheilhafter sein, je mehr Kohlenstoff es enthält. Deshalb werden alle Steinkohlenarten, die natürlich den größten Kohlenstoffgehalt besitzen, zu den besten Brennmaterialien gerechnet werden und Holz und Torf, deren Gehalt an Kohlenstoff weit geringer ist, geringwerthiger sein.

Außerdem aber spielt der Feuchtigkeitsgehalt hierbei eine große Rolle, denn je trockener das Brennmaterial ist, desto besser brennt es bekanntlich. Jede Hausfrau weiß das und um einem zu schnellen Verbrennen vorzubeugen, näßt sie die Brennmaterialien an, bevor sie auf den Feuerrost kommen. Aber dieses ist nicht etwa ökonomisch, sondern im Gegentheil unweise gehandelt. Eine Sparsamkeit erzielt man, wenn man das Brennmaterial möglichst trocken aufgiebt, weil für das Verdampfen der Feuchtigkeit allein ein bedeutendes Wärmequantum erforderlich ist, das der Feuerung und dem Ofen nutzlos verloren geht. Es läßt sich ein Annässen der Brennmaterialien nur dann vertheidigen, wenn man eine große Wärmeentwickelung nicht benöthigt, sondern nur ein langsam fortbrennendes, mildes Feuer im Ofen haben will.

So wird man z. B. ganz zweckmäßig die brennenden Kohlen in einem eisernen Ofen, nachdem das Zimmer genügend erwärmt ist, etwas annässen, wenn man das Feuer nicht aus-

gehen lassen will, was eine schnelle Abkühlung des Eisenmantels und somit des Zimmers herbeiführen würde.

Ferner wird man sogar einen kleinen Vortheil erzielen, wenn man die sehr kleinen, grusigen und schwerbackenden Steinkohlen (Kohlenklein oder Kohlengrus) annäßt; sie werden dadurch besser zusammengehalten und es kann das Kohlenklein nicht so leicht durch die Zwischenräume der Roststäbe in den Aschenkasten fallen.

Will man mit einem Brennstoffe die möglichst intensiveste Hitze entwickeln, so muß man durch richtige Zuführung des gerade nöthigen Luftquantums eine vollständige Verbrennung desselben herbeiführen, so daß nichts von ihm unverbrannt übrig bleibt. (Siehe § 48.)

Hiernach werden unsere Feuerungsanlagen konstruirt werden müssen.

§ 7. Die Berechnung der Wärmemenge und Verdampfungsfähigkeit eines Brennmateriales.

Die in unseren Wohnräumen herrschende Temperatur soll 15—18° Celsius betragen, eine niedrigere Temperatur, 10—12° C., soll nur auf Corridoren, eine höhere, 18—20° in Krankenhäusern, Gefängnissen, Kasernen u. s. w. herrschen.

Da man erfahrungsgemäß weiß, daß zur Erwärmung von 1 cbm Luft um 1° C. (bei der specifischen Wärme der Atmosphärenluft von 0,238 und dem Gewicht derselben von etwa 1,3 kg) 0,31 Wärmeeinheiten erforderlich sind, so kann man die nöthige Wärmemenge für jeden Raum leicht berechnen; man darf aber hierbei nicht vergessen, daß die durch die Transmittirung der umschließenden Flächen eines Raumes, durch seine Thüren und Fenster, Fußböden und Decken verloren gehende Wärmemenge, die pro Stunde und Quadratmeter Fläche 1 bis 3 Calorien bei 1° C. Temperaturdifferenz

beträgt*), sowie die durch Ventilation abgeführte durch die Heizung ersetzt werden muß.

Aus den Berechnungen ergiebt sich dann die nöthige Größe der feuerberührten Fläche, der Wärmefläche und Rostfläche des Ofens. Man rechnet bei der gewöhnlichen Zimmerheizung pro 100 cbm eines auf 20° C. zu erwärmenden Raumes an Heizfläche: bei Kachelöfen nicht unter 6 qm, bei eisernen Oefen 1,0 bis 1,4 qm. Bei den Centralheizungen (Warmwasser-, Heißwasser- und Dampfheizungen) rechnet man auf 1 qm Wärmfläche 20 bis 25 cbm zu erwärmenden Luftraum. —

Wir bemerkten bereits früher, daß die verschiedenen Brennstoffe beim Verbrennen auch verschiedene Wärmemengen ergeben und daß diese Wärmemenge auf ihr Maximum nur bei vollständiger Verbrennung des Brennstoffes gebracht wird.

Die mathematisch genaue Bestimmung der Wärmemenge eines Brennmateriales ist sehr schwer und auf verschiedenen Wegen zu erreichen gesucht worden.

Für wissenschaftliche Untersuchungen wird zumeist der **Calorimeter** (Wärmeeinheitenmesser) benutzt, der aus einem kleinen metallenen Verbrennungsraum (Kessel) besteht, welcher sich in einem, möglichst gut isolirten Wassergefäß befindet. Bringt man in den kleinen Kessel 1 (oder mehrere) Kilogramm eines Brennmateriales zur Verbrennung, so wird sich die Temperatur des, den Kessel umgebenden Wassers erhöhen, und aus dieser Temperaturerhöhung berechnet sich dann leicht die Wärmemenge nach der Formel:

$$W = (t_1 - t)\, G,$$

wenn G das Gewicht des Wassers, t die ursprüngliche Tempe-

*) Ist die Temperatur im Freien z. B. + 10° C., die Temperatur im Zimmer + 15° C., so gehen pro Stunde und pro Quadratmeter Fläche hiernach also 5—15 Calorien verloren.

ratur desselben, t_1 die Endtemperatur nach der Verbrennung des Heizkörpers bezeichnet.

Z. B. Der Kessel enthalte 20 kg Wasser von + 10° C. und erhalte durch die Verbrennung von 1 kg Brennstoff eine Temperatur von + 100° C., so hat dieser Brennstoff eine Wärmemenge von:

$$W = (100 - 10) . 20 = 1800 \text{ Calorien,}$$

denn die Temperaturerhöhung des Wassers beträgt 90°, also ist jedes Kilogramm um 90° erhöht, wozu 90 Calorien nöthig, mithin sind für die 20 kg 90 . 20 = 1800 Wärmeeinheiten erforderlich.

Für praktische Zwecke eignet sich die Benutzung des Calorimeters weniger, man hat deshalb hier die **Verdampfungsmethode**, von Karmarsch zuerst ausgeübt, häufiger zur Bestimmung der Wärmemenge angewendet, die allerdings weniger genaue Resultate ergiebt.

Bei dieser Methode bestimmt man, wieviel Kilogramm Wasser von **einem** Kilogramm des fraglichen Brennstoffes von 0° auf 100° (bezw. 150°) C. gebracht werden können.

Hiermit hat beispielsweise Brix die Wärmecapacität der preußischen Brennmaterialien und Hartig die der sächsischen Steinkohlen berechnet.

Man hat durch zahlreiche Experimente gefunden, daß etwa 640 Calorien erforderlich sind*), um 1 kg Wasser von 0° Temperatur in Dampf von 100° C. zu verwandeln, und **Regnault** fand, daß 652 Wärmeeinheiten zur Erzeugung von Dampf von 150° C. nöthig sind.

Hiernach wird also ein Brennmaterial, das im Stande ist, mit einem Kilogramm seiner Masse z. B. 10 kg Wasser

---

*) Die latente Wärme des Wasserdampfes umfaßt 540 Wärmeeinheiten. (Siehe § 5.)

in Dampf von 100° C. zu verwandeln, 6400 Wärmeeinheiten besitzen.

Es sei hier gleich hervorgehoben, daß man von den unseren Brennmaterialien innewohnenden Wärmemengen nur etwa 60% (50 bis höchstens 70%) nutzbar machen kann, weil unsere Feuerungsanlagen leider noch unvollkommen sind.

Ebenso schnell als durch die Verdampfungsfähigkeit gelangt man zum Ziel, wenn man die Elementaranalyse oder die Berthier'sche Methode der Reduction von Bleiglätte durch das zu untersuchende Brennmaterial anwendet. Bei dieser wird auch noch die zur vollständigen Verbrennung erforderliche Sauerstoffmenge berechnet.

Wenn man durch die **Elementaranalyse** die elementare Zusammensetzung des Brennmateriales d. h. ganz besonders seinen Gehalt an Kohlenstoff und Wasserstoff*), sodann aber auch den Gehalt an Sauerstoff und Stickstoff bestimmt hat, so kann man nach Redtenbecher leicht die Wärmemenge nach der Formel berechnen:

$$W = 34\,500\left(H - \frac{O}{8}\right) + 7050 \,.\, C \,.$$

Hierin bedeutet H den Wasserstoffgehalt, O den Sauerstoff- und Stickstoffgehalt, C den Kohlenstoffgehalt in Procenten für **ein** Kilogramm des betreffenden Brennmateriales.

Wir wollen hiernach beispielsweise die Wärmemenge der Holzkohle und die des Buchenholzes berechnen.

1) Für eine gute Holzkohle ist $C = 80\% = 0{,}80$
$O = 15\% = 0{,}15$
$H = 5\% = 0{,}05$

*) Wasserstoff giebt eine Wärme von etwa 34 000 (!) Calorien; Kohlenstoff von 2500—8000, je nachdem das Verbrennungsproduct des letzteren Kohlenoxyd oder Kohlensäure ist.

mithin die Wärmemenge:

$$W = 34\,500\left(0{,}05 - \frac{0{,}15}{8}\right) + 7\,050 \,.\, 0{,}8 = 6\,675 \text{ Calorien.}$$

2) Für gutes, trockenes Buchenholz ist $C = 50\% = 0{,}50$
$O = 44\% = 0{,}44$
$H = 6\% = 0{,}06$

also die Wärmemenge:

$$W = 34500\left(0{,}06 - \frac{0{,}44}{8}\right) + 7050 \,.\, 0{,}5 = 3\,697\tfrac{1}{2} \text{ Calorien.}$$

Nach dieser Formel werden wir im Folgenden die Wärmemengen der Brennmaterialien stets berechnen und, wo es zweckmäßig erscheint, auch die Rechnung ganz durchführen.

Zweiter Abschnitt.

Zusammensetzung, Wassergehalt, Gewicht und Heizwerth der verschiedenen Holzarten. Ihre Härte, Spaltbarkeit, Dauerhaftigkeit und Festigkeit. Die Fällzeit. Berechnung des Holzvolumens. Die harten und weichen Holzarten, Laub- und Nadelhölzer. Vergleiche.

§ 8. Die Holzbestandtheile.

Die äußere, schützende Rinde des Baumes bildet die Rinde, hinter welcher der Bast liegt. Auf diesen folgt das eigentliche Holz, das in Splintholz und Kernholz unterschieden wird.

Der die innere Markröhre umschließende Kern ist saftloser, dichter, härter, fester und bildet das ältere Holz; er hat auch oftmals eine dunklere Farbe als der ihn umgebende, jüngere Splint.

Die sogenannten Jahresringe, die dem Auge deutlich erkennbaren, zur Markröhre concentrisch laufenden Linien, deren Zwischenräume stets dem Zuwachse eines Jahres entsprechen, liegen im Kernholze enger an einander als im Splintholze; sie werden von den Markstrahlen oder Spiegeln, nach deren Richtung sich das Holz ganz besonders leicht spalten läßt, unterbrochen. Diese Markstrahlen sind gradlinig-radial von der Markröhre nach der Rinde gerichtet.

Unter Spiegelholz versteht man Holz, welches der Länge des Stammes nach gespalten ist, unter Hirnholz solches, das senkrecht auf die Längenrichtung des Stammes zertheilt ist.

Der Hauptbestandtheil des Holzes ist der Faserstoff, Cellulose genannt, der 96—98% des ganzen Holzes ausmacht und aus Kohlenstoff, Wasserstoff und Sauerstoff besteht. Außerdem findet sich im Holze Wasser und in geringeren Mengen Stickstoff, Harz, Gummi u. a. vor.

Die Holzfaser besteht:

	Kohlenstoff	Wasserstoff	Sauerstoff und Stickstoff
beim Laubholz im Mittel aus	49,6%	6,2%	44,2%
beim Nadelholz im Mittel aus	50,5%	6¼%	43¼%
im Durchschnitt also aus etwa	50%	6¼%	43¾%

Hierbei ist ein völlig trockenes und aschenfreies Holz vorausgesetzt, d. h. Holz ohne Wasser und ohne solche festen Bestandtheile, die beim vollständigen Verbrennen des Holzes als Asche zurückbleiben (z. B. Mineralbestandtheile, die sich namentlich in der Rinde häufig vorfinden).

Dieser Aschengehalt der verschiedenen Holzarten beträgt im Durchschnitt 1,5%, steigt aber bei manchen bis 5% und geht herab bis etwa ½%.

Der Aschengehalt bei ganz trockenen Hölzern (bei 130° C. gedörrt) beträgt:

bei der Rothbuche . . . 1,84%
" " Eiche 1,65%
" " Birke 1,14%
" " Fichte 0,95%
" " Tanne 1,02%

Er ist bei der Rinde und den Blättern größer, als beim Stamme, wie aus folgender Tabelle ersichtlich.

2. Tabelle.

		Kohlenstoff C	Wasserstoff H	Sauerstoff O	Asche A
Blätter im Durchschnitt		45%	7%	41%	7%
Stammrinde im "		46¼%	6%	45%	2¾%
Stammholz:					
Eiche	bei 100° C. getrocknet	49,43%	6,07%	44,5%	im Mittel gedörrtes Holz 1—2%, lufttrockenes 0,8 bis 1,5%.
Rothbuche . . .		48,53%	6,30%	45,17%	
Weißtanne . . .		49,95%	6,41%	43,65%	
Rothtanne . . .		49,59%	6,38%	44,02%	
Lärche		50,11%	6,31%	43,58%	
Kiefer		49,94%	6,25%	34,31%	

Den größten Kohlenstoffgehalt besitzen die Nadelhölzer und der Ahorn, dann folgen Eiche, Esche und Linde, zuletzt Buche und Birke, die nur 48½% Kohlenstoff enthalten gegen etwa 50—51% der anderen Holzarten.

§ 9. Der Wassergehalt der verschiedenen Holzarten.

Der Wassergehalt des Holzes ist ein schwankender; er richtet sich vornehmlich nach der Jahreszeit und nach dem Standort des betreffenden Baumes. Die größte Feuchtigkeit besitzt ein Baumstamm im Frühling, die geringste im Winter, in der sogenannten Wadelzeit, während welcher ge-

wöhnlich die Bäume auch gefällt werden. Je trockener der Standort, desto geringer ist der Wassergehalt — und umgekehrt. Man kann im Durchschnitt annehmen, daß beim frischgefällten Holze die weichen Laubhölzer (wie Pappel und Linde) etwa 49%, die harten Laubhölzer (Eiche, Buche, Birke, Esche) 37%, die Nadelhölzer (Fichte, Kiefer, Tanne) etwa 49% Wasser enthalten, allgemein also etwa 40—50%. Dieses frischgefällte Holz verliert an der Luft einen Theil seiner Feuchtigkeit und zwar hat man beobachtet, daß Holzarten mit dichtem Gefüge schwerer austrocknen als weiche.

Wenn das frischgefällte, gespaltene Holz etwa ein Jahr lang an der Luft gelegen hat, so nennt man es lufttrocken; in diesem Zustande hat es noch 20—25% Wasser.

Völlig trockenes Holz, das bei einer Temperatur von 100 bis 130° C. längere Zeit gedörrt ist, hat immer noch einen Feuchtigkeitsgehalt von etwa 5—10%. Dieses trockene Holz ist sehr hygroskopisch, d. h. es zieht sehr begierig Feuchtigkeit an und ist daher vor dieser zu schützen und in einem trockenen, wenn möglich erwärmten Raume aufzubewahren.

§ 10. Der Heizwerth des Holzes.

Das soeben erwähnte Dörren des Holzes empfiehlt sich, wenn man eine rasche, starke Hitze erzeugen will (wie beispielsweise in Glashütten); in diesem Falle wird das Holz durch Aufstellen über einem Schmelzofen auf sog. Darrbalken oder auch in eigens hierzu erbauten Darröfen, welche am billigsten mit Torf geheizt werden, getrocknet. Man erhält dann unter Umständen vollständig entwässertes Holz.

Ganz besonders nach dem Wassergehalt und auch nach der Menge der Asche richtet sich der Heizwerth des Holzes, und es ist der Satz, der allgemeine Giltigkeit hat, wohl zu merken, daß der Nutzeffect um so größer ist,

je trockener das Brennmaterial ist und je weniger Asche es nach seiner Verbrennung zurückläßt.

Hiernach wird der Heizeffect beim gedörrten Holze am größesten, beim lufttrockenen weniger groß, beim frischgefällten gering und beim ganz nassen sehr gering sein, weil zur Verdampfung des Wassers im Holze allein schon eine Menge Wärme nöthig ist, die der Wärmeentwickelung verloren geht. Und wir wiederholen nochmals, daß es unvortheilhaft ist, das Holz, bevor es in den Ofen kommt, anzufeuchten.

Man wird im Gegentheil wirthschaftlich handeln, wenn man das Holz vor der Feuerung möglichst austrocknet. Dies kann — freilich in nur geringem Maße — geschehen, wenn man in einem besonderen Raume des Küchenherdes (vielleicht in dem Raum, der zum Backen und Braten dient, oder unter diesem) stets die Holzmenge, welche man am nächsten Tag zur Feuerung benöthigt, aufbewahrt. Oekonomisch wird es ferner sein, wenn man das frischgefällte Holz ein oder mehrere Jahre in einem trockenen Raume liegen läßt, ehe man es als Brennmaterial benutzt. Dieses Aufbewahren verursacht allerdings Unbequemlichkeiten, auch gehen die Zinsen des Anlagecapitales für diese Zeit verloren, aber trotzdem möchte es sich empfehlen lassen, weil der Vortheil, bestehend in einer nicht unbedeutenden Vergrößerung des Heizwerthes, kein geringer ist.

Es giebt nämlich frischgefälltes mittelgutes Holz mit etwa 40% Wasser eine Maximaltemperatur von 1150° C. und eine Wärmemenge von 2700—3000 Wärmeeinheiten, lufttrockenes Holz mit etwa 20% Wasser 1520° C. und 3000—3300 Wärmeeinheiten, gedörrtes Holz 1660° C. Maximal-Temperatur und 3300—3600 Wärmeeinheiten. (Siehe auch § 19.)

Getrocknetes Holz hat ferner auch eine größere Verdampfungsfähigkeit als frisch gefälltes, jedoch nimmt der Aschengehalt mit der Trockenheit um ein Geringes ($\frac{1}{4}$ — $\frac{1}{2}$%) zu (siehe Tabelle 2) und das Volumen ab.

Das frisch gefällte Holz schwindet nämlich um 0,1—0,4% in der Richtung der Längsfasern, um 3—6% in der Richtung der Markstrahlen und um 4—10% in der Richtung der Jahresringe, wird also kürzer und dünner, je mehr die Trockenheit zunimmt.

Nasses Holz wiegt schwerer und zwar nimmt das Gewicht des lufttrockenen Holzes nach jahrelangem Liegen im Wasser um 60—90% (!) zu.

§ 11. Das Gewicht des feuchten und trockenen Holzes.

Zur ziemlich sicheren Prüfung und Bestimmung des Feuchtigkeitsgehaltes eines Baumstammes wird man nach dem soeben Gesagten am schnellsten gelangen, wenn man das Gewicht des Holzes ermittelt. In der nachstehenden Tabelle haben wir das Gewicht eines rheinländischen Cubikfußes (= 0,03 cbm) und eines Raummeters (Haufen von 1 m Höhe, 1 m Breite und 1 m Länge) der verschiedenen Holzarten angegeben, welches dieselben im nassen und im trockenen Zustand haben. Findet man bei der Gewichtsermittelung eines Baumstammes, daß dasselbe wesentlich abweicht von dem in dieser Tabelle angegebenen Gewichte, so kann man nach dem Maße der Abweichung leicht auf den Wassergehalt bezw. die Trockenheit des Holzes schließen.

3. Tabelle der Gewichte verschiedener Holzarten.

Bezeichnung	gut getrocknet wiegt		naß wiegt	
	1 Cubikf. in kg	1 Raumm. in kg	1 Cubikf. in kg	1 Raumm. in kg
I. Sehr schwere Holzarten:				
1. Steineichenholz (Kern) .	24,3	810	36,0	ca. 1200
2. Weißbuchenholz	24,0	800	26,2	„ 873
3. Sommereichenholz (Kern) .	23,3	773	24,6	„ 820

Bezeichnung	gut getrocknet wiegt		naß wiegt	
	1 Cubikf. in kg	1 Raumm. in kg	1 Cubikf. in kg	1 Raumm. in kg
II. Schwere Holzarten:				
4. Rothbuchenholz	23,0	767	26,1	870
5. Eschenholz	21,9	730	26,0	867
III. Mittelschwere Holzarten:				
6. Kiefernholz	19,2	640	22,2	740
7. Ulmen- (Rüster-) holz . .	18,7	623	20,7	690
8. Lärchenholz	18,7	623	19,6	653
9. Ahornholz	18,3	610	20,1	670
IV. Leichte Holzarten:				
10. Birkenholz	17,9	597	20,0	667
11. Lindenholz	16,8	560	18,0	600
12. Fichtenholz	15,4	513	18,2	607
V. Sehr leichte Holzarten:				
13. Weidenholz	12,9	430	18,9	630
14. Erlenholz	12,6	420	19,2	640
15. Tannenholz	11,7	390	16,9	563
16. Pappelholz	10,8	360	15,6	520

Hieran schließen wir noch folgende Bemerkungen.

Das Gewicht eines Holzstammes bestimmt sich aus der Beschaffenheit der Holzfasern und dem in ihnen befindlichen Quantum Wasser und Luft. Die Dichtigkeit ist somit abhängig von der Holzart selbst, sowie von seiner Wachsthumsperiode, seinem Standort und seiner Fällzeit. Es wird Holz mit engen Poren und engen Fasern schwerer sein als stark poröses.

Mit zunehmendem Alter verliert jede Holzart an Schwere, nimmt jedoch an Härte zu.

§ 12. Härte, Spaltbarkeit, Dauerhaftigkeit, Festigkeit.

Zu den härtesten Holzarten rechnet man den Ahorn und die Weißbuche, hart ist auch Esche und Ulme, Erle und Birke, Eiche und Rothbuche; weiches Holz besitzen Fichte und Tanne, Kiefer, Lärche und Weide, sehr weiches Holz Linde und Pappel.

Was die Spaltbarkeit der Hölzer anlangt, so ist:

sehr schwerspaltig: Birke, Weißbuche, Ulme oder Rüster.
schwerspaltig: Ahorn und Esche.
weniger schwerspaltig: Schwarzföhre.
ziemlich leichtspaltig: Lärche und Rothbuche.
leichtspaltig: Erle, Kiefer, Eiche, Linde und Weide.
sehr leichtspaltig: Tanne und Fichte.
äußerst leichtspaltig: Pappel.

Allgemein kann man annehmen, daß derjenige Baum das festeste und dauerhafteste Holz besitzt, der am langsamsten wächst. Da die Größe des Wachsthumes erkennbar ist an der Weite der Zwischenräume der Jahresringe, so werden also alle die Holzarten besondere Festigkeit und Dauerhaftigkeit besitzen, die schmale, enge Jahresringe und also ein dichteres Gefüge zeigen. Auch eine dunklere Färbung und eine gleichmäßige nicht unterbrochene Structur gelten als Zeichen der Güte eines Baumstammes.

Hieraus folgt auch, daß das Holz um so dauerhafter sein wird, je schwerer es ist. Ferner haben ältere Bäume eine längere Dauer als jüngere, weil die Festigkeit des Kernholzes bedeutend größer ist als die des Splintholzes. Die Dauerhaftigkeit und Festigkeit selbst ist von der Fällzeit so gut wie gar nicht abhängig.

Das Alter, in welchem der Baum seine größte Festig-

keit erreicht hat, in welchem der Baum also als vollkommen reif angesehen werden kann, ist nach Weisbach:

bei Eichen im Mittel 100 Jahre,
beim übrigen Laubholz 80 Jahre,
bei Fichten, Tannen und Kiefern 60—80 Jahre.

Hierzu muß bemerkt werden, daß von den Forstleuten auch die letzteren Bäume zumeist erst im Alter von 100—120 Jahren gefällt werden.

§ 13. Die beste Fällzeit des Holzes.

Es sollen (auch nach Weisbach) die Bäume nicht allein im Alter der Reife, sondern auch nur dann gefällt werden, wenn der Saft in ihnen nicht circulirt d. i. im Winter, in der sog. Wadelzeit, vom November bis Februar.

Indessen wird namentlich das Holz, welches gespalten werden soll, also Brennholz, auch im Sommer öfters gefällt. Das in der Saftzeit gefällte Holz ist jedoch dem Wurmfraße sehr ausgesetzt, so daß es rationeller erscheint, alle Holzarten, die wurmstichig sind, im Winter zu fällen. Auch nimmt der Saft an der Brennbarkeit und Flammbarkeit des Holzes einen großen Antheil.

Professor Schubarth bemerkt (in seiner „Technischen Chemie“ Band III., S. 14) zu dieser Frage folgendes: „Die beste Jahreszeit zum Fällen des Holzes ist diejenige, in welcher der vorjährige Saft schon zu Holz geworden und der neue noch flüssig ist. In moorigen und sumpfigen Gegenden müssen ohne Wahl die Wintermonate hierzu benutzt werden, sonst wählt man bei Laubholz die ersten Frühlingsmonate, — bei Erlen und Birken, damit die Wurzeln wieder Schößlinge treiben können, bei Eichen, um die Rinde für die Gerbereien zu gewinnen. Bei Nadelholz wählt man die Wintermonate, ehe der Saft in die Bäume tritt, um das Stocken

zu vermeiden, denn die im Herbste geschlagenen Bäume sind dem Stocken sehr unterworfen.“ —

Bei guter Behandlung des Holzes und trockener Aufbewahrung hat übrigens die Fällzeit, wie wir im vorigen Paragraphen bereits bemerkten, auf die Dauerhaftigkeit wenig Einfluß.

§ 14. Die Berechnung des Volumens.

Das Brennholz wird gewöhnlich nach Klaftern berechnet. Man denkt sich hierbei das Holz zu einem Haufen aufgesetzt, dessen Länge 3 Fuß, dessen Höhe 6 Fuß und dessen Breite ebenfalls 6 Fuß beträgt. Ein solcher Haufen enthält also 3.6.6 = 108 Cubikfuß oder 3,339 Cubikmeter (preußisch) oder 3,4115 Cubikmeter (österreichisch) an Holzmasse. Da indessen das Holz in Stücken (Kloben) auf einander gelegt ist, welche Zwischenräume bilden, so wird eine Klafter in Wirklichkeit weniger Holzmasse liefern und zwar:

bei Scheiten oder Kloben: 72 Cubikfuß = $^2/_3$ Klafter
= 2,225 Cubikmeter (preußisch)
bei starken Knüppeln: 68 Cubikfuß . . = 0,63 Klafter
= 2,103 Cubikmeter
bei schwachen Knüppeln: 63 Cubikfuß = 0,58 Klafter
= 1,948 Cubikmeter
bei Reißig: 25—30 Cubikfuß . . . = 0,8—0,9 Cubikmeter.

Dieser wirkliche Holzgehalt einer Klafter, auch Derbgehalt genannt, ist also abhängig von der Größe der einzelnen Holzstücke, und er ist um so größer, je kürzer und dicker diese Stücke sind. —

Bei der Berechnung des cubischen Inhaltes eines runden Baumstammes wird allgemein angenommen, daß der Baum die Gestalt eines abgestumpften Kegels habe, daß also die Schnittflächen sowohl an dem Wurzel-, als auch an

dem Zopfende Kreise darstellen. Diese Annahme trifft im Allgemeinen wohl zu, wenn man von den kleineren Unregelmäßigkeiten, die jeder Baumstamm besitzt, absieht, aber nicht selten weicht auch die Schnittfläche vom Kreise erheblich ab und zeigt mehr die Ellipsenform, sodann ist der Baumstamm auch sehr selten ganz gerade gewachsen und hat Krümmungen, Auswüchse ꝛc. Aus diesem Grunde kann von einer mathematisch genauen Berechnung des cubischen Inhaltes eines unbeschlagenen, vielleicht noch mit Rinde versehenen Baumstammes niemals die Rede sein. Die Berechnung nach der bekannten Inhaltsformel für den abgestumpften Kegel muß deshalb auch in den meisten Fällen als eine Annäherungsrechnung angesehen werden. Diese Formel lautet bekanntlich:

$$1)\qquad J = \frac{1}{12}\, l\, \pi\,.\,(D^2 + d^2 + D d),$$

wenn l die Stammlänge, D den Durchmesser am Wurzelende, d den Durchmesser am Zopfende und π (die Ludolf'sche Zahl) gleich 3,14 ist.

Diese Formel ist aber für praktische Zwecke recht unbequem und empfiehlt es sich, statt ihrer folgende Annäherungsformel zu verwenden:

$$2)\qquad \mathbf{J = 0{,}8\, \delta^2\, l}\,.$$

Hierin bedeutet l wiederum die Baumstammlänge und δ den mittleren Durchmesser des Baumes $\left(\delta = \frac{D + d}{2}\right)$.

Diese Formel erhält man, wenn man den abgestumpften Kegel in einen Cylinder umwandelt, der als Durchmesser den mittleren Durchmesser des Kegelstumpfes erhält, was nach der „Stereometrie" zulässig ist.

Um die Genauigkeit dieser bequemen, praktischen Formel zu zeigen, wollen wir hier einen Bauminhalt nach beiden Formeln berechnen.

Es sei die Länge eines Baumstammes l = 4 m, der

Durchmesser am Wurzelende D = 0,4 m, der Durchmesser am Zopfende d = 0,2 m, so ist der Inhalt des Baumstammes nach Formel 1):

$$J = \frac{1}{12} \cdot 4 \cdot 3{,}14 \cdot (0{,}16 + 0{,}04 + 0{,}08)\ \text{cbm}$$

also $J = 1{,}05 \cdot 0{,}28 = 0{,}2940 =$ abgekürzt 0,29 cbm

und der Inhalt nach Formel 2), indem $\delta = \frac{D + d}{2} = \frac{0{,}4 + 0{,}2}{2} = 0{,}3$ m ist:

$$J = 0{,}8 \cdot 0{,}09 \cdot 4 = 0{,}288 = \text{abgekürzt } 0{,}29\ \text{cbm.}$$

Es läßt sich daher die zweite Formel für praktische Zwecke ihrer Bequemlichkeit und ziemlichen Genauigkeit wegen sehr empfehlen. —

Für die Bestimmung der Größe des Aufbewahrungsraumes des Holzes ist zu beachten, daß ein Cubikmeter Scheitholz (Klobenholz) etwa $1\frac{1}{4}$ cbm zerkleinertes Holz giebt.

Ueber die Schwere der verschiedenen Holzarten haben wir bereits im § 11 das Nöthigste mitgetheilt, wir wollen hier nur noch nachtragen, daß eine Klafter Scheitholz bei ca. 15% Wassergehalt beim Laubholz im Durchschnitt 29 Centner (1450 kg), beim Nadelholz 22 Centner (1100 kg) wiegt.

§ 15. Das Zerkleinern des Holzes zum Heizen.

Der Baumstamm, an welchem man gewöhnlich die Rinde sitzen läßt, wird mit der Säge zunächst in Stücke von 0,6 bis höchstens 1,0 m Länge zerlegt, welche dann zu Haufen zusammengesetzt und nach Klaftern oder Cubikmetern verkauft werden. Diese einzelnen Stücke werden dann nochmals in kleine Stücke zersägt, die etwa eine Länge von 20—25 cm erhalten. Jedes Stück, das einen größern Durchmesser als etwa 10 cm besitzt, wird noch in zwei oder mehrere Stücke durch die Axt zertheilt.

Nur in den selteneren Fällen wird man genöthigt sein, das sehr schwerspaltbare Holz (Birkenholz, Weißbuchenholz, Ahornholz, Ulmenholz, Eschenholz) mittelst eingetriebener Keile von hartem Eichenholz, Eisen oder Stahl auseinander zu treiben.

Je nachdem das Holz in der Richtung der Fasern oder senkrecht zu den Fasern geschnitten ist, nennt man es Langholz oder Querholz, das dann in Bezug auf die Faser selbst als grobfaserig (Eiche und Buche) oder feinfaserig (Ahorn und Birke), langfaserig (Ulme) oder kurzfaserig (Rothbuche) unterschieden wird.

Nach der Größe der Hölzer und insbesondere ihrer Dicke unterscheidet man ferner: die dünnen Zweige mit oder ohne daran sitzenden Blättern oder Nadeln, Reißig genannt; die dickeren Zweige, Aeste und jungen Baumstämme, Knüppel und Prügelholz; die dickeren Stämme oder deren Theile, ganz oder grob gespalten, Kloben und Scheitholz; die Wurzeln und Stöcke, an denen ein kürzerer oder längerer Stamm befindlich.

Da sich Holz um so leichter in Brand setzen läßt, je geringer seine Stärke ist und also die Größe der Brennbarkeit und Flammbarkeit nicht nur von der Holzart selbst oder dem darin befindlichen Safte, sondern auch von der Größe der Holzstücke abhängt, so wird man sich zum Entzünden des Feuers am vortheilhaftesten des möglichst dünnen, harzreichen und weichen Holzes (d. h. der Hobelspäne vom Kiefernholz) bedienen, während man zu einem langandauernden Feuer zweckmäßig dicke und schwere Holzstücke verwenden wird. (Vergleiche auch § 19).

Bevor wir über die einzelnen Holzarten Vergleiche in Bezug auf Wärmeentwickelung und Kosten anstellen wollen, möge hier eine kurze Beschreibung der hervorragendsten Bäume unseres Vaterlandes unter Berücksichtigung ihrer Erkennungs- und Unterscheidungsmerkmale folgen.

I. Die Laubhölzer.

§ 16. A. Harte Holzarten.

1) Das Eichenholz.

Die Eiche hat nicht weniger als 280 Arten, von denen Europa nur 17, Asien dagegen 148 und Amerika 142 Arten angehören. Von unseren einheimischen Arten sind ganz besonders zwei, die Sommer- und Wintereiche, zu nennen, von denen sich zahlreiche Varietäten vorfinden.

Die Sommereiche oder Stieleiche (quercus pedunculata) hat eine hellgrüne, im späteren Alter röthlich-braune Farbe; nur sehr alte Bäume zeigen einen dunkelbraunen Stamm.

Dagegen ist die Rinde der Stein-Wintereiche oder Traubeneiche (quercus rubor) bei jungen Bäumen röthlich-grün und glatt, bei älteren bräunlich und rauh, bei sehr alten dunkelbraun, mehrere Centimeter dick und aufgerissen.

Das Holz der Eiche zeigt sehr dicke und breite Markstrahlen und hat sehr weite Gefäße. Das Kernholz hat röthlich-braune, etwas ins Graue spielende Farbe, ist aber oft auch bräunlich-schwarz, während das Splintholz weit heller und gelblich-weiß aussieht.

Man kann das Holz beider Eichenarten an der Farbe und am Gewicht unterscheiden; Wintereichenholz ist dunkler gefärbt und schwerer als Sommereichenholz, auch hat es eine größere Festigkeit und eine längere Dauer. Sommereichenholz läßt sich dagegen leichter spalten.

Zu bemerken ist noch, daß ein todter, abgestorbener Wipfel, ein sparsamer Blattwuchs, welke und gelbe Blätter im Sommer, Beulen oder Flechten und Moosarten am Stamme, sowie ein dumpfer Klang beim Anschlagen mit verkehrt genommener Axt im

Allgemeinen Zeichen eines mehr oder weniger verdorbenen Holzes sind, während man an einem kräftigen Blattwuchs, an einem schlanken Stamm und an frischen, saftvollen Wurzeln gutes Eichenholz erkennt. Das Eichenholz steht als Brennholz etwas nach dem

2) Buchenholz.

Wir unterscheiden auch bei der Buche zwei Hauptarten, nämlich die Rothbuche und die Weißbuche.

Die Rothbuche oder Mastbuche (fagus sylvatica) zeigt in der Jugend eine bräunlich-grüne Rinde, im Alter eine aschgraue und weißlich-gefleckte. Ihr Holz ist dicht, schwer und hart, spröde und brüchig, läßt sich leicht spalten, hat eine röthliche Farbe und ist dem Wurmfraße sehr ausgesetzt. Das Holz der sehr alten Rothbuche hat zuweilen einen dunkel-rothbraunen Kern von geringem Umfange. Die Breite der Markstrahlen, an denen man es leicht erkennen kann, wird nur von der des Eichenholzes übertroffen.

Die Weißbuche, Hainbuche, auch Hornbuche genannt (carpinus betula), hat einen Stamm mit glatter Rinde und sehr feines, zähes, schweres und sehr schwerspaltiges Holz von weißer Farbe.

Als Kennzeichen gesunder Bäume gilt eine glatte, unbemooste Rinde, von aschgrauer und mehr weißlicher als röthlicher Farbe, ohne Beulen und Risse, und ein mit frischen Blättern dichtbesetzter Wipfel. Beim gefällten Holz ist darauf zu achten, daß dasselbe einen weißlichen Splint und bräunlichen Kern zeigt, denn gelbgeflecktes oder streifiges Holz ist weniger gut.

Es sei schon hier besonders hervorgehoben, daß das Buchenholz allgemein als das vorzüglichste Brennholz gilt und, wie oben schon bemerkt wurde, als solches noch über dem Eichenholze steht. Als Holz zur Bereitung der Meilerkohle hat es ebenfalls einen sehr hohen Werth.

3) Das Ulmen- oder Rüsterholz

gilt auch als ein ganz brauchbares, gutes Brennholz, steht aber weit unter dem vorgenannten.

Die rauhe Ulme (ulmus effusa) hat weißlich-gelbes Holz, das maserig, zähe, hart, schwer und vom Wurme wenig angefressen ist. Das Holz der gemeinen Rüster oder glatten Ulme (ulmus campestris) ist dagegen etwas weicher, großadriger, aber nicht so dauerhaft.

Beide Arten haben einen glatten, schwerspaltbaren Stamm mit brauner, zäher Rinde, die bei stärkeren Bäumen graubraun aussieht und rauh und rissig ist.

Die Kennzeichen guter und schlechter Stämme sind bei der Ulme und Rüster, sowie bei den nachfolgenden Laubhölzern dieselben wie bei der Eiche und Buche.

4) Das Eschenholz.

Die Esche, auch Geißbaum genannt (fraxinus excelsior), ist ein schlanker, sehr gerade gewachsener Baum, welcher eine hellgrüne und glatte Rinde besitzt; nur ältere Bäume zeigen eine graue, bräunliche Rinde, die leicht rissig wird.

Das Eschenholz gleicht im Gefüge dem Rüsterholz und steht als Brennholz auf etwa gleicher Stufe mit demselben. Es ist sehr dauerhaft, hart, zähe, fein, schwerspaltig und besitzt viele, schmale und feine Markstrahlen. Seine Farbe ist bei schwächeren Stämmen gelbweiß, bei älteren Bäumen im Kerne braun.

(Nicht zu verwechseln mit der Esche ist der Erlenbaum.)

5) Das Erlenholz.

Die Erle, Eller oder auch Else genannt (alnus glutinosa) hat ebenfalls einen schlanken Stamm mit aschgrauer bis schwärzlicher, etwas rissiger Rinde. Das Holz jüngerer

Bäume zeigt beim Fällen eine gelbrothe Farbe, bei zunehmendem Alter und bei Trockenheit wird dieselbe hell-rostroth.

Das Erlenholz ist weicher wie Eichen- oder Buchenholz, läßt sich leicht spalten und hat weite Holzzellen mit ziemlich deutlichen Jahresringen und großen Markstrahlen. Das Splintholz und Kernholz der Erle, das ziemlich grob und fest ist, läßt sich nicht von einander unterscheiden. Das Erlenholz wirft sich leicht und hat viel Wurmfraß; es eignet sich aber ganz gut zum Brennmaterial und wird zur Feuerung auch vielfach benutzt.

6) Das Birkenholz.

Die Stammrinde der Birke (betula alba) ist weiß und bei älteren Bäumen rissig und höckerig. Das Birkenholz, welches eine weiß-röthliche Farbe hat, ist fest und zähe und eignet sich sehr gut zum Feuern. Als Brennholz zählt es zu den sehr schwerspaltigen. Es hat eine große Brennkraft und Heizkraft, denn es brennt hell und hitzt ziemlich stark, auch giebt es, sowie seine Kohle, ein beständig lebhaftes Feuer.

7) Das Ahornholz

ist ebenfalls kein schlechtes Brennholz; es giebt ein nicht minder lebhaftes Feuer als die Birke. Vorzugweise wird zur Feuerung das Holz des gemeinen weißen Ahornbaumes und des Spitzahornes verwendet, während zum Beispiel das Feldahornholz fast ausschließlich nur als Nutzholz (namentlich für Dechslerarbeiten) verbraucht wird.

Der gemeine, weiße Ahornbaum (acer pseudoplatanus) hat eine weißgraue, ins Grünliche spielende Rinde und einen schönen, glatten Stamm; nur die schwächeren und jüngeren Stämme zeigen eine rothbraune Farbe. Das Holz dieser Ahornart ist hart, dauerhaft, weißlich-gelb oder röthlich-weiß und hat ein sehr feines und leicht spaltbares Gewebe, während das Holz des Spitzahornbaumes oder deutschen Zucker-

ahornes (acer saccharium oder nigrum) etwas härter und gröber ist, längere Markstrahlen besitzt und sich sehr schwer spalten läßt. Die Rinde desselben zeigt an Zweigen eine gelbliche, am Stamme eine röthliche Farbe.

Der Feldahorn (acer campestre) ist leicht von den beiden anderen Brennhölzern durch seine gelbbraune, rauhe und sehr rissige Rinde und sein sehr zähes und hartes Holz, das schöne Maserung besitzt, zu unterscheiden.

§ 17. B. Weiche Holzarten.

8) Das Lindenholz.

Die Sommerlinde (tilia europaea) hat einen rothbraunen Stamm, der im Alter grau wird und viel aufgerissene Borke zeigt. Ihr Holz ist weiß mit einem Stich ins Röthliche, sehr weich und mit so dichtem und gleichmäßigem Gewebe, daß man die Jahresringe kaum mit dem bloßen Auge erkennen kann. Das Holz ist wenig dem Wurmfraße unterworfen, leicht zu schneiden und zu spalten.

Dagegen ist das Holz der Winterlinde (tilia ulmifolia) grobfaseriger und etwas fester, auch zeigt es eine mehr ins Graue spielende Farbe. Ihr Stamm ist ebenfalls grau und bei älteren Bäumen der Länge nach aufgerissen.

Als Brennholz hat das Lindenholz nur geringen Werth, auch wird seine Kohle nur zum Zeichnen und nicht zur Feuerung benutzt.

9) Das Pappelholz.

Die Pappeln, welche kein schlechtes Brennholz liefern, besitzen ein weiches Holz ohne besondere Härte, Festigkeit und Zähigkeit. Besonders gilt das von der gemeinen oder schwarzen Pappel, Pappelweide, Rheinweide, (populus nigra), die in der Jugend eine gelbliche, im Alter eine aschgraue, sehr stark und tief aufgerissene Rinde zeigt. Ihr

Holz sieht weiß aus und dient vorzugsweise zur Fabrikation der Streichhölzer (Zündhölzer).

Der Stamm der Silberpappel (populus alba) mit aschgrauer Farbe und glatter, nur im Alter von unten an aufgerissener Rinde, hat weißlich-gelbes, weiches und äußerst leicht spaltbares Holz. Die Silberpappel gedeiht vorzugsweise im Süden, während im Norden die dritte Pappelart, die bekannte Zitterpappel, auch Espe genannt, (populus tremula) am häufigsten vorkommt. Das Holz derselben ist nicht so dauerhaft als das der Silberpappel, aber ebenfalls sehr leichtspaltig und etwas geadert. Die Rinde dieser Pappel ist grüngrau, bei jüngeren Stämmen glatt, bei älteren geborsten.

10) Das Weidenholz.

Die Weide (salix) hat ein weißes, weiches Holz von geringer Dauerhaftigkeit, das zwar zu vielen nützlichen Sachen verarbeitet wird, aber als Brennholz nur sehr selten Verwendung findet.

§ 18.

II. Die Nadelhölzer.

11) Das Kiefernholz.

Die gelbbraune Rinde der Kiefer (pinus sylvestris) ist glatt und ziemlich regelmäßig aufgerissen. Junge Stämme haben einen gelben Kern und weißen Splint, ältere Bäume röthliches Kernholz mit starken, vom Harz durchzogenen Jahresringen. Zeigt der Kern mehr gelblich-rothe Farbe, so ist der Baum abgestorben. Das Kiefernholz, sehr dem Wurmfraße ausgesetzt, ist zwar weich, aber doch das härteste von allen Nadelhölzern, und läßt sich leicht spalten; von den Harzbestandtheilen hat es ein etwas glänzendes Aussehen. Die Kiefer, welche häufig mit der Fichte verwechselt wird, hat als Kenn-

zeichen lange blaugrüne Nadeln, die spiralförmig um die Aeste geordnet sind und eine grünlich-braune, schuppige Frucht (Kiehnäpfel); sie macht im preußischen Staat den größten Theil der Waldungen aus und eignet sich sehr gut zur Feuerung, namentlich ist sie aber als Brennmaterial für Dampfkesselfeuerungen sehr geschätzt. Sie hat eine sehr große Brennbarkeit und Flammbarkeit und wird deshalb zerkleinert gern zum Entzünden eines Feuers benutzt. (Kiehnspäne.)

12) Das Fichtenholz.

Die Fichte (Rothtanne, Pechtanne, Harzfichte, Föhre, pinus abies excelsa) ist ebenfalls als Brennholz nicht zu verachten. Sie hat ein leichtspaltiges, harzreiches Holz, das weicher ist als Kiefernholz und eine röthlich-gelbe Farbe besitzt. Das Kernholz ist etwas geadert und weniger harzig, es ist grob und etwas glänzend. Die äußeren Kennzeichen der Fichte sind die dunkelgrünen, zweireihig stehenden, kurzen Nadeln mit stechender Spitze und die hellroth-braunen, abwärts hängenden, schuppigen Zapfen.

13) Das Tannenholz.

Zur Klasse der Fichte gehört die Weißtanne, Edeltanne, Silbertanne (pinus picea), welche von allen Bäumen den schönsten und höchsten Stamm besitzt, der eine helle, aschgraue Farbe hat und glatt ist und nur im Alter sich spröde und rissig zeigt. Das Holz ist von weißer, etwas ins Gelbliche spielender Farbe; es ist sehr leicht, hat lange Fasern, ziemliche Zähigkeit und wenig Elastizität.

Tanne und Fichte werden vielfach zur Feuerung benutzt und bilden in den Gegenden, in welchen Tannen- und Fichtenwälder befindlich, den Hauptbrennstoff.

14) Das Lärchenholz.

Der Stamm der Lärche (pinus larix) hat eine gelblich-grüne, gestreifte Rinde, die bei älteren Bäumen braungrau aussieht, ziemlich dick und schlitzartig rissig ist. Das Lärchenholz ist im Kerne röthlich, im Splint gelblich, sehr zähe und schwer, riecht von dem in ihm enthaltenen Harze angenehm und ist niemals dem Wurmfraße, wohl aber manchen Krankheiten (z. B. in der Jugend einer Verpilzung) unterworfen. Hauptsächlich findet das Lärchenholz Verwendung als Bau- und Nutzholz; man gewinnt aus ihm den venetianischen Terpentin, daher führt er auch den Namen „Lärchenterpentinbaum". Als Brennmaterial hat das Lärchenholz nur geringere Bedeutung.

Eine Abart der Lärche ist die Ceder.

Als Kennzeichen fehlerhafter Nadelhölzer werden folgende angegeben:

1) Zopftrockenheit.

2) Verticale Spalten. Man nennt sie Kernrisse und Eisklüfte.

3) Große Harzbeulen, ferner: wenn der Specht gern den Baum anpickt; es zeigt sich dies vornehmlich, wenn durch die Rinde vielfach perlartige Harztropfen vorkommen.

4) Wenn der Stamm windrissig ist d. h. wenn die Faser spiralförmig gewachsen ist.

5) Wenn der Baum knorrig ist und von unten auf bedeutende Aeste hat.

6) Kern- und Windschäle. Diese Krankheit entsteht, wenn durch häufige und heftige Stürme einzelne Jahresringe sich von einander lösen.

Ganz ausgeschlossen von der Verwendung als Brennholz sind unsere Obstbäume, sowie die theuren ausländischen

Holzarten (wie Mahagoniholz, Ebenholz und Polisanderholz) und die Kastanien- und Nußbäume, welche hauptsächlich in der Möbeltischlerei verarbeitet werden.

§ 19. Vergleiche.

„Bei der Benutzung des Holzes als Brennmaterial ist das verschiedene Verhalten der Holzarten während der Verbrennung von Wichtigkeit", heißt es in dem Artikel „Holz" im Meyer'schen Conversations-Lexikon, Bd. IX., S. 28. „Leichte Hölzer begünstigen durch ihre Porösität die rasche Entwickelung der brennbaren Gase, in welche sich ein Theil der Holzsubstanz beim Verbrennen verwandelt; auch erleichtert die lose Textur den Zutritt der Luft zu der glühenden Kohle, und man erhält also eine rasche, aber kurze Wirkung.

Feste und schwere Hölzer verhalten sich gerade entgegengesetzt: sie hinterlassen sehr viel Kohle, welche langsam verbrennt. Die Wirkung leichter Hölzer wird mithin namentlich durch die Bildung einer langen Flamme bedingt und die daraus gewonnene Kohle hat geringen Werth, und man erzielt mit schwerem, festem Holze eine lang andauernde Hitze. — Es werden demnach leichte Hölzer mit Vortheil benutzt, um Gegenstände in einiger Entfernung vom Feuerraum oder größere Flächen gleichmäßig zu erhitzen (in Glasfabriken, Porzellan-Töpferöfen), während die schweren Hölzer den Vorzug verdienen, wenn man — wie bei Dampfkesselfeuerungen — die Wärme mehr local wirken lassen will. Ebenso ist in Stubenöfen und namentlich in Kaminen schweres Holz vorzuziehen, weil die Wärmemenge, welche glühende Kohle abgiebt, größer ist als die durch eine lange Flamme zu erlangende Hitze.

Bei der Benutzung des Holzes zur Feuerung macht sich die Gleichmäßigkeit in der Zusammensetzung und der geringe,

gutartige Aschengehalt — wie wir bereits früher zeigten — vortheilhaft geltend, während andererseits der Gehalt an brennbaren Bestandtheilen verhältnißmäßig gering und der Wassergehalt, welcher durch Trocknen oder Dörren entfernt wird, bedeutend schwankt. Der absolute Wärmeeffect der verschiedenen Hölzer weicht, entsprechend der nahezu übereinstimmenden Zusammensetzung, nur wenig von einander ab.“ —

Im § 8 führten wir an, daß Laubholz im Durchschnitt aus 49,6% Kohlenstoff, 6,2% Wasserstoff und 44,2% Sauerstoff und Stickstoff besteht. Fügen wir diese Werthe in die, im § 7 angegebene Formel der Elementaranalyse, welche lautet:

$$W = 34\,500\left(H - \frac{O}{8}\right) + 7050\,C,$$

ein, so finden wir den Wärmeeffect des Laubholzes zu:

$$W = 34\,500\left(0{,}062 - \frac{0{,}442}{8}\right) + 7050 \,.\, 0{,}496 = 3730$$

Wärmeeinheiten.

Ebenso finden wir den Wärmeeffect des Nadelholzes, bei dem $C = 50{,}5\%$, $H = 6{,}25\%$ und $O = 43{,}25\%$ ist, zu:

$$W = 34\,500\left(0{,}0625 - \frac{0{,}4325}{8}\right) + 7050 \,.\, 0{,}505 = 3850$$

Wärmeeinheiten.

Wenn wir diese Rechnung für alle Baumarten (mit gleichem Wassergehalt) durchführen, erhalten wir die **Brennkraft** oder den **absoluten Wärmeeffect** für:

1) Linde	zu 3800	Wärmeeinheiten	im	Maximum.
2) Buche	„ 3600	„	„	„
3) Ulme	„ 3850	„	„	„
4) Eiche	„ 3600	„	„	„
5) Esche	„ 3600	„	„	„
6) Ahorn	„ 3700	„	„	„

7) Erle zu 3650 Wärmeeinheiten im Maximum.
8) Birke „ 3640 „ „ „
9) Pappel „ 3700 „ „ „
10) Weide „ 3650 „ „ „
11) Fichte „ 3700 „ „ „
12) Tanne „ 3800 „ „ „
13) Kiefer „ 3850 „ „ „

Die **Verdampfungskraft** der Holzarten ergiebt sich (nach Brix) aus folgender Tabelle:

4. Tabelle.

Holzarten	Wasser %	Aschengehalt des Holzes ungetrocknet in %	Aschengehalt des Holzes getrocknet in %	1 kg Brennstoff verwandelt kg Wasser in Dampf ungetrocknet	1 kg Brennstoff verwandelt kg Wasser in Dampf getrocknet
1. Altes Kiefernholz . .	16,1	1,922	2,29	4,18	5,11
2. Junges Kiefernholz .	19,3	1,73	2,15	3,62	4,77
3. Erlenholz	14,7	0,95	1,11	3,84	4,67
4. Birkenholz	12,3	1,00	1,14	3,72	4,39
5. Eichenholz	18,7	1,13	1,39	3,54	4,60
6. Altes Rothbuchenholz	22,2	1,43	1,84	3,39	4,63
7. Junges Rothbuchenholz	14,3	1,39	1,62	3,49	4,25
8. Weißbuchenholz . .	12,5	2,17	2,48	3,62	4,28

Im Durchschnitt verdampft hiernach:

trocknes Holz etwa $4^1/_2$ kg Wasser,
feuchtes Holz „ $3^2/_3$ kg „

und durchschnittlich ist der absolute Wärmeeffect des getrockneten Holzes = 3700 Calorien, des feuchten Holzes = 3000 Wärmeeinheiten.

Die wissenschaftlich und durch Experimente erhaltene Güte der Hölzer trifft nicht mit der durch die Praxis erzielten überein. Praktisch stellt sich der **Heizwerth** der Hölzer der Reihe nach folgendermaßen:

Sehr gutes Holz:	Kiefer,
	Rothbuche,
	Weißbuche,
	Esche.
Gutes Holz:	Steineiche,
	Sommereiche,
	Ulme,
	Birke.
Mittelmäßiges Holz:	Tanne,
	Linde,
	Espe,
	Erle.
Schlechtes Holz:	Pappel,
	Weide.

In der **Heizkraft***) ist nach Ansicht einiger Forstleute 1 Klafter Fichtenholz gleichwerthig mit etwa 0,94 Klafter Kiefernholz, 0,89 Tannenholz, 0,70 Buchenholz, 0,66 Birkenholz, 0,63 Ulmenholz, 0,59 Eichenholz, — und die Heizkraft des geflößten Holzes um ein Geringes kleiner, als jene des auf der Achse geförderten. — (Die Berechnung der Heizkraft befindet sich im § 48.)

Die Brennbarkeit und Flammbarkeit ist bekanntlich vom Safte des Holzes abhängig. Es lassen sich die harzreichen, weichen Hölzer leichter entzünden als die harzarmen und harten, auch brennen sie schneller fort und geben eine größere Flamme. Eichenholz, Fichtenholz und Lärchenholz knistert und prasselt beim Verbrennen stark, weil in ihnen Luft eingeschlossen ist. Kiefernholz, Tannenholz und Pappelholz brennt hell und ruhiger; Buchenholz, Birkenholz und Erlenholz brennt sehr ruhig.

*) Man verwechsele nicht Heizkraft mit Heizwerth und lese hierüber den § 3.

Zu den schweren und festen Hölzern, die sich für häusliche Zwecke und Dampfkesselfeuerungen nach dem Meyer'schen Conversations-Lexikon besonders eignen, gehören: Eiche, Buche und Esche. Welches gewährt von diesen dreien nun den größten Vortheil? —

Nach dem Wassergehalt wäre das junge Buchenholz das beste, denn es hat den geringsten Procentsatz an Wasser, nach dem Aschengehalt das Eichenholz, nach der Wärmeentwickelung wären alle drei gleichwerthig, nach der Heizkraft wäre das Eichenholz, nach der Verdampfungsfähigkeit das Rothbuchenholz das beste, so daß also ohne alle Frage **das Buchenholz und Eichenholz für häusliche Zwecke das beste Brennholz geben!**

Leichteres Holz besitzen: Birke, Linde, Fichte, Tanne, Erle und Pappel. Von diesen sechs Bäumen ist nach dem Wassergehalt der beste die Birke, denn sie enthält (nach § 9) im frischgefällten Zustande nur etwa 37% Wasser gegen 49% der anderen fünf; den geringsten Aschengehalt hat die Erle, den größten absoluten Wärmeeffect die Linde, die größte Verdampfungsfähigkeit die Erle, die größte Heizkraft die Birke, so daß also **Erle** und **Birke** als die zweckmäßigsten von den leichten Hölzern für technische und gewerbliche Zwecke erscheinen. — Zwischen beiden Holzgruppen, den schweren und den leichten Hölzern, stehen die mittelschweren Bäume: Kiefer, Ahorn, Ulme und Lärche. Deren Holz wird sich theils für häusliche, theils für gewerbliche und technische Zwecke als Brennmaterial verwenden lassen.

Will man mit Holz einen möglichst großen Verdampfungseffect des Wassers erzielen, so wird man mit **Kiefernholz** die Dampfkessel heizen, weil dieses die größte Verdampfungsfähigkeit und sehr hohe Flammbarkeit besitzt. „Denn zum Erhitzen eines Kessels und zum Verdampfen des darin befindlichen Wassers sind

diejenigen Hölzer die vortheilhaftesten, die die meiste Flamme geben."

Nach der Güte dieser Brennhölzer und vielleicht auch nach der Verbreitung und dem Vorkommen der einzelnen Bäume richtet sich auch ihr Preis. Es werden diejenigen Hölzer am meisten kosten, die am besten brennen und die meiste Wärme erzeugen, also die schweren Hölzer, während die leichten Hölzer billiger sein werden. Dieser Holzpreis ist ein sehr schwankender; im Durchschnitt kann man annehmen, daß ein Raummeter (etwa = 1/3 Klafter) Buchenholz 6—8 Mark, Eichenholz*) 5—7 Mark, Kiefernholz 3—4 Mark, Birkenholz und Erlenholz 3—4 Mark, Tannenholz 2 1/2—3 Mark kostet. —

Ziehen wir aus dem Gesagten die Summe, so ergiebt sich Folgendes:

Zur Feuerung unserer Stubenöfen, Kamine und Küchenherde eignet sich am besten das Buchenholz und ist es im Allgemeinen gleichgültig, ob man Weißbuchen oder Rothbuchen verwendet; das Buchenholz brennt langsam, hat also geringen Consum und giebt trotzdem langandauernde, intensive Hitze. Nicht minder gut ist zu diesen Feuerungen das Eichenholz — d. h. die Zweige und Aeste desselben, da der Eichenstamm fast nur als Bau- und Nutzholz Verwendung findet. Will man etwas billigere Feuerung und doch möglichst intensive Hitze haben, so empfiehlt sich der Ankauf von Kiefernholz.

Für gewerbliche und technische Zwecke und stets dann, wenn man eine schnelle, aber nur kurze Wirkung nöthig hat, wird man mit Vortheil die hell- und lebhaft-brennende Birke oder die Erle zur Feuerung benutzen und nur, falls man recht billige Feuerung haben will, die

*) Bei diesem Preissatz ist vorausgesetzt, daß nur die Aeste und Zweige der Eiche zur Feuerung benutzt werden.

Nadelhölzer, die schnell verbrennen, aber intensiv heizen (wie z. B. die Fichte).

Speciell zu Dampfkesselfeuerungen eignet sich außer den Genannten auch noch besonders das Kiefernholz wegen seiner hohen Verdampfungsfähigkeit.

Zum Entzünden eines Kohlen- u. s. w. Feuers bedient man sich der Hobelspäne und des kleingespaltenen Kiefernholzes (der Kiehnspäne), die oft noch in Oel getränkt werden.

Dritter Abschnitt.

Gewinnung und Eigenschaften der Holzkohle, des Torfes und der Torfkohle. Ihre Verwendung und Heizkraft.

§ 20. Die Gewinnung der Holzkohle.

Man ist oftmals gezwungen, größere Holzmassen zu verkohlen, wenn die Bäume z. B. durch Raupenfraß, Windbrüche, Waldbrände u. s. w. so beschädigt sind, daß sie kein gutes Brennholz liefern und eine Verwerthung derselben als Bau- oder Nutzholz ganz ausgeschlossen ist. Auch der bessere Transport der leichten und weniger umfangreichen Holzkohlen kann ein Kohlenbrennen oft wünschenswerth erscheinen lassen.

Die Holzkohle ist frei von manchen Eigenschaften des Holzes, die für einige Heizzwecke nachtheilig sein und eine directe Verwendung des rohen Holzes ganz ausschließen würden. Deshalb und um einen ganz vorzüglichen Brennstoff für solche Feuerungen zu erhalten, bei denen die Verbrennungsproducte (die Gase) von ganz besonderer Wichtigkeit sind, oder für solche, die eine möglichst intensive Hitze erzeugen sollen, hat man freiwillig durch Erhitzen des Holzes sich Holzkohle bereitet, ferner auch, um Holzessig, Holztheer, Holzgas und Coke zu gewinnen.

Die Verkohlung des Holzes geschieht entweder in eckigen oder in runden, aus Mauerwerk oder aus Eisen hergestellten Oefen oder Retorten, in denen das Holz entweder mit Zuführung der Luft oder ohne Luftzutritt erhitzt wird, — oder in Haufen, Meilern und Gruben, bei welcher Verkohlungsmethode das Holz eine bewegliche Decke von Erde (Rasen, Laub und Moos) oder Kohlenklein (Grus) erhält und die atmosphärische Luft dem Feuer zugeführt wird.

Handelt es sich bei dem Verkohlungsproceß des Holzes hauptsächlich um die Gewinnung der Holzkohle, so ist der letztgenannte Meilerbetrieb (die Köhlerei) als der einfachste vorzuziehen, bei welcher das Holz in etwa halbkugelförmigen oder kegelförmigen Haufen oder — wie es namentlich in Süddeutschland, in Rußland und Schweden gebräuchlich ist — in Haufen von rechteckiger Grundrißform aufgesetzt und unter einer beweglichen Decke unter Zutritt von Luft auf die nöthige Verkohlungstemperatur gebracht und verkohlt wird.

Handelt es sich jedoch namentlich um die Gewinnung des Holztheers und des Holzessigs, die durch Verdichtung der bei der Holzverkohlung sich entwickelnden Dämpfe gewonnen werden, und ist also die Holzkohlengewinnung hierbei nur Nebensache, die Holzkohle also nur Nebenproduct, so wird es sich empfehlen, die Verkohlung in gemauerten Meileröfen mit Zutritt von Atmosphärenluft vorzunehmen oder — was noch besser ist — in eisernen Cylindern oder Retorten ohne Luftzuführung und ohne daß die Flamme das Holz selbst berührt.

Die Verkohlungszeit wechselt nach Größe der Meiler und eingebrachten Holzstücken zwischen 6—24 Tagen, in eisernen Retorten zwischen 12—17 Stunden.

Je nach der Höhe des Temperaturgrades wird der Rückstand des erhitzten Holzes, die Holzkohle, verschiedene Eigenschaften zeigen.

Wird Holz einer geringeren Temperatur als etwa 200° C. ausgesetzt, so verkohlt es nur äußerlich, während es im Innern nur gedörrt wird. Bei einer Temperatur von etwa 260 bis 330° hat das erhaltene Product eine braune Farbe und heißt Rothkohle (auch Röstkohle), welche sehr leicht entzündbar, zerreiblich und schnell verbrennend ist. Wächst die Temperatur (bis etwa 500° C.), so erhält man die sogenannte Schwarzkohle, während man bei mehr als 500° bis etwa 1000° C. eine feste, sehr schwer verbrennbare Kohle gewinnt, die gewöhnlich mit dem Namen Holzkoke bezeichnet wird. Je höher die Temperatur, desto dichter ist die Kohle, desto mehr Wärme kann sie entwickeln, aber desto schwerer läßt sie sich entzünden und desto schwerer verbrennt sie.

Die Schwarzkohle zieht weniger Feuchtigkeit an als die Rothkohle, ihre Ausbeute ist geringer als die an Rothkohle, auch läßt sie sich weniger leicht entzünden.

Ist die Gewinnung der Kohle Hauptzweck des Verkohlungsprocesses, so muß eine möglichst niedrige und nur gegen Ende des Processes gesteigerte Hitze angewendet werden, weil dann die Gewinnung eine bedeutend größere ist, wie unten folgende Tabelle zeigt. Umgekehrt muß man jedoch verfahren, wenn der Holztheer und der Holzessig Hauptproducte sind.

5. Tabelle. Ueber die Ausbeute an Kohle bei völlig lufttrockenen Hölzern (nach **Karsten**).

Name der Hölzer	Bei rascher Verkohlung in %	Bei langsamer Verkohlung in %
1. Junges Eichenholz	16,54	25,6
2. Altes Eichenholz	15,91	25,71
3. Junges Rothbuchenholz . .	14,875	25,875
4. Altes Rothbuchenholz . .	14,15	26,15
5. Junges Weißbuchenholz . .	13,12	25,22

Name der Hölzer	Bei rascher Verkohlung in %	Bei langsamer Verkohlung in %
6. Altes Weißbuchenholz . .	13,65	26,45
7. Junges Erlenholz . . .	14,45	25,65
8. Altes Erlenholz	15,3	25,65
9. Junges Birkenholz . . .	13,05	25,05
10. Altes Birkenholz . . .	12,2	24,7
11. Junges Fichtenholz . . .	14,25	25,25
12. Altes Fichtenholz . . .	14,05	25,0
13. Junges Tannenholz . .	16,225	27,725
14. Altes Tannenholz . . .	15,35	24,75
15. Junges Kiefernholz . . .	15,52	26,07
16. Altes Kiefernholz . . .	13,75	25,95
17. Lindenholz	13,3	24,6

Aus dieser Tabelle geht hervor, daß im Allgemeinen junges Holz ergiebiger für Kohlengewinnung ist als altes, und daß das junge Tannenholz und nach ihm das alte Weißbuchenholz den größten Procentsatz an Kohle hinterläßt. Im Durchschnitt beträgt die Kohlenausbeute des Holzes bei langsamer Verkohlung 25%, bei rascher Verkohlung 15%. Das scheinbare Volumen ist indessen bei der Holzkohle ein weit größeres, weil die Zwischenräume der porösen Kohle nicht gering sind.

Von ganz besonderem Werthe ist die Buchenholzkohle; die aus harzfreien, wenig saftvollen Hölzern gewonnene Kohle ist glanzlos und sehr porös, während die aus harzreichem, saftigem Holze bereitete glanzvoll ist und deshalb gewöhnlich mit dem Namen Glanzkohle bezeichnet wird.

§ 21. Eigenschaften und Verwendungen der Holzkohle.

Die Holzkohle (Schwarzkohle) besteht im Durchschnitt aus 75% Kohlenstoff, 4% Wasserstoff, 20% Sauerstoff und 1% Asche. Diese chemische Zusammensetzung ist abhängig von der Verkohlungstemperatur; je höher diese, desto größer im Allgemeinen der Gehalt an Kohlenstoff, desto geringer der Gehalt an Wasserstoff und Sauerstoff, wie folgende Tabelle zeigt.

6. Tabelle.

Temperatur, bei welcher die Kohlen erzeugt sind, in Graden nach Celsius	Kohlenstoff	Wasserstoff	Sauerstoff Stickstoff und Verlust	Asche
280	72,64%	4,70%	22,10%	0,57%
290	72,49%	4,98%	21,93%	0,61%
300	73,24%	4,25%	21,96%	0,57%
310	73,63%	3,83%	21,81%	0,74%
320	73,57%	4,88%	21,09%	0,52%
340	75,20%	4,41%	19,96%	0,48%
350	76,64%	4,14%	18,44%	0,60%
430	81,64%	1,96%	15,25%	1,16%

Der absolute Wärmeeffect berechnet sich zu etwa **6000—7000** Wärmeeinheiten; Holzkohle (Schwarzkohle) erzeugt demnach eine große Wärmemenge, auch ist die von ihr entwickelte Hitze eine sehr intensive. (Siehe über die Temperatur des Holzkohlenfeuers den § 48.) Der Wärmeeffect der Rothkohle ist ein bedeutend geringerer und höchstens 4000 Calorien. Es wird ferner angenommen, daß 1 kg schwarze Holzkohle 6—7 kg Wasser von 0° in Dampf von 100° C. practisch verwandeln kann.

Was ihr Gewicht anlangt, so rechnet man, daß 1 cbm Rothbuchenkohle 185—190 kg, Rothtannenkohle 170 bis 180, Kiefernholzkohle 160—170, Eichenholzkohle 150—160, Erlenholzkohle 140—150 und Fichtenholzkohle 130—140 kg in Stücken wiegt.

Da Holzkohle ziemlich hygroskopisch ist d. h. ziemlich lebhaft Feuchtigkeit anzieht, so nimmt ihr Gewicht bei langem Liegen zu. Holzkohle darf deshalb nicht in feuchten Räumen oder im Freien aufbewahrt werden. —

Der hohe Preis der Holzkohle — (10—12 Mark für 1 cbm oder 6—8 Mark für 100 kg) — steht der allgemeinen Verwendung der Holzkohle als Brennmaterial entgegen, so daß dieselbe namentlich für technische und gewerbliche Zwecke und seltener für häusliche benutzt wird. Im Haushalte dient die Holzkohle z. B. zur Erhitzung von Plätteisen, ferner wird sie in Wohnräumen, die keine vollkommene Schornsteinanlage oder überhaupt keinen Rauchabfluß besitzen, sehr gut zur Feuerung benutzt werden können, weil sie ohne die unangenehme Rauchentwickelung verbrennt.

In der Technik und im Gewerbe dient sie zur Bereitung des Schießpulvers, zum Entfuseln und Desinficiren, zum Filtriren des Wassers, zur Verhütung der Fäulniß, ferner zum Reinigen der Zähne u. s. w. u. s. w.

Eine sehr große Bedeutung aber hat sie für den Hüttenbetrieb, indem die wichtigsten Metalle mit ihrer Hilfe aus den Erzen abgeschieden werden. Was die Ausbeute an Holztheer, Holzessig, Holzgas und Coke bei der Verkohlung des Holzes anlangt, so ist diese sehr verschieden und, je nachdem sie oder die Gewinnung an Holzkohle Hauptsache war, größer oder kleiner. Im ersteren Falle gewinnt man an Theer etwa 10—12% des Holzgewichtes, an Essig

etwa 40—50%, an Holzgas etwa 2%, an Coke etwa 30% des Holzes.

Schließlich sei noch bemerkt, daß sich trockene Holzkohle bei 300—400° C. entzünden läßt.

§ 22. Die Gewinnung des Torfes.

Wenn Sumpfpflanzen und Wasserpflanzen, welche stehendes Wasser nach allen Richtungen hin durchziehen, absterben und sich zu Boden senken, so verwandeln sie das Wasser in einen Morast. In diesem entstehen alljährlich neue Pflanzen, durch deren Absterben und Zubodensinken der Morast vergrößert und namentlich verdichtet wird. Wenn dieses Entstehen und Absterben einer Vegetation geraume Zeit gewährt hat, wird schließlich der Morast in ein compactes, festes Torflager verwandelt sein. — Es ist also Torf eine Masse, die hauptsächlich aus zusammengepreßten und in Verkohlung befindlichen Pflanzen, aus Wasser und Erdbestandtheilen (Humus) besteht.

Nach dem Fundorte des Torfes unterscheidet man Moortorf oder Moostorf, dessen Hauptbestandtheile Moosarten sind; Waldtorf, entstanden aus jungen Baumpflanzen, Baumzweigen, Blättern, Rinde u. s. w.; Rasen- oder Wiesentorf, mit verkohlten Grasarten, Rohr und Schilf; Haidetorf, der Haidekraut enthält, und Meertorf, in welchem sich namentlich verkohlte Tange befinden. Nach der physikalischen Beschaffenheit der Torfarten macht man den Unterschied zwischen Fasertorf (hauptsächlich Moostorf und Wiesentorf), erdigem Torf (Haidetorf), Torfschlamm (aus zugewachsenen Seen und Teichen) und Pechtorf (bis zur thonigen Beschaffenheit verwandelte Pflanzensubstanz).

Die Farbe des Torfes ist eine sehr verschiedene, so ist Pechtorf pechschwarz oder dunkelbraun, Rasentorf braun, Torfschlamm schwarzbraun, Torferde dunkelbraun, Moostorf gewöhnlich hellbraun, Rasentorf gelbbraun u. s. w.

Ist die Torfmasse compact, so gewinnt man aus ihr den Brenntorf am einfachsten durch Ausstechen in Ziegelform durch den Spaten oder die Torfstechmaschine.*) Es geben dann die oberen Schichten lockeren Rasentorf, die unteren schweren Moortorf. Dieser **Stechtorf** ist meistens noch sehr feucht; er wird deshalb in Haufen aufgestellt, in denen die Luft möglichst circuliren kann, und im Freien oder besser in Trockenräumen getrocknet. Bei dieser Austrocknung verliert der Torf bis zu 90% seines Gewichtes.

Befindet sich das Torfmoor noch im morastigen, breiartigen Zustand, so kann man trotzdem schon Brenntorf gewinnen, wenn man die schlammige Masse mit Hilfe einer Art Baggermaschine hebt und durch Treten (hannoversche Methode) oder durch Thonschneidemaschinen (schwedische Methode) in einen homogenen Teig verwandelt. Dieser **Baggertorf** giebt ein ganz brauchbares, reines, manches Brennmaterial übertreffendes Feuerungsmaterial. Er wird bei genügender Haltbarkeit ähnlich wie Lehm und Ziegelerde in Ziegelformen gestrichen und dann an der Luft oder in erwärmten Oefen getrocknet. Man nennt ihn dann **Streichtorf.**

Eine andere Bearbeitungsweise des Baggertorfes besteht darin, daß man ihn von der Thonschneidemaschine in prismatische Bänder oder Röhren und tauartige Cylinder pressen läßt, welche quer durchschnittene Ziegel (Maschinentorf) oder kurze Röhren (Röhrentorf) oder runde Stücken (Kugeltorf) liefern.

Hat der Baggertorf keine genügende Consistenz, so breitet man die ausgehobene Torfmasse auf einer porösen Unterlage (am besten Netze) aus und läßt den Wassergehalt durch Absonderung (Ausseihen) und Trocknen an der Luft geringer

*) Die Torfstechmaschine von Brosowsky liefert bei einer Bedienung von 4 Mann täglich 12 000—14 000 Torfstücke und bewährt sich ganz ausgezeichnet.

werden; hierauf erst wird die Masse in Ziegel oder Soden geformt und oben gatterförmig geritzt, um bei weiterer Entwässerung die Absonderung durch die ganze Dicke der Masse herbeizuführen.

Diese Austrocknung des Torfes in Ziegelform geschieht genau wie bei den Backsteinen. Es werden die Torfstücke in einem offenen Schuppen zu einem Haufen aufgesetzt und möglichst vor Frost bewahrt, weil auch hier durch Frost eine Zerbröckelung der Torfstücke erfolgt. Je gleichmäßiger und langsamer diese Austrocknung vorgenommen wird, desto dichter, härter und gleichmäßiger wird auch der Torf. Um möglichst die ganze Feuchtigkeit aus der Torfmasse auszutreiben, wird statt dieser gewöhnlichen Lufttrocknung eine Austrocknung in eigens hierzu construirten Oefen durch Wärme nöthig. Solche Torfdörrapparate haben gewöhnlich Ventilatoren, die entweder die warme Luft in den Trockenraum einschleudern oder die mit der, aus der Torfmasse gezogenen Feuchtigkeit geschwängerte Luft aus dem Trockenraum herausziehen. Dieses Austrocknen des Torfes ist theuer und deshalb nur dann empfehlenswerth, wenn man einen größeren Heizeffect erzielen oder den Torf verkohlen will; im letzteren Falle ist eine vorherige Erwärmung zur Beseitigung der hygroskopischen Feuchtigkeit unbedingt nothwendig.

Die Aufbereitung der Torfmasse auf nassem Wege mit folgender langsamer Austrocknung, die mechanische Verdichtung des getrockneten Torfpulvers mittelst kräftiger Pressen ist ebenfalls mit großen Kosten verknüpft, jedoch erhält man hierdurch einen Torf, **Preßtorf** genannt, welcher weit über dem Stechtorf oder Baggertorf steht. Denn dieser compacte und feste Preßtorf ist nicht voluminös, auch nicht bröckelig, wie so manche andere Torfart, hat nicht so viel Aschenrückstand und erzeugt bei seiner Verbrennung nicht so viel Rauch und nicht den unangenehmen Geruch, doch muß er trocken in den

Ofen kommen, weil feuchter Preßtorf bei seiner Verbrennung zerbröckelt.

Nach anderer Ansicht, z. B. der des Professor Dr. Alex. Müller, dessen Artikel „Torf" wir diesem Paragraphen zu Grunde gelegt,*) verliert der Preßtorf beim Erhitzen in der Feuerstätte, sowie im Verkohlungsofen, sehr bald seinen Zusammenhang, auch wenn er trocken eingebracht ist, und zerfällt blätterig und pulverig, so daß der Erfolg kein befriedigender genannt werden kann. Vergl. übrigens auch das im § 36 Gesagte über die Torfbriquettes.

Ist die Torfmasse mit sandigen oder thonigen Bestandtheilen und mit Steinen erfüllt, so ist sie weniger zur Bereitung von Brenntorf geeignet; zwar hat man diese Beimengungen durch Schlämmen zu beseitigen gesucht, indessen ist diese Reinigung sehr theuer und steht der Kostenpunkt zu dem Erträgnisse in keinem Verhältnisse.

§ 23. Eigenschaften und Verwendungen des Torfes.

Das Gewicht der Torfstücke ist ein sehr verschiedenes und anzunehmen, daß Torf um so leichter sein wird, je trockener derselbe ist, denn gut getrockneter Torf schwimmt auf dem Wasser; auch findet man, daß der helle Torf leichter ist als der dunkelgefärbte. Man kann rechnen, daß ein Cubikmeter (ein Raummeter) Torf mit 20% Wasser zwischen 500 und 600 kg und 1000 Stück gewöhnlichen heizhandlichen Formates 900 kg wiegen. Nach Thenius wiegt 1 Torfstück von 30 cm Länge und 10 cm Höhe und Breite im nassen Zustande (frischgewonnen) mit circa 50% Wasser $3\frac{1}{6}$ kg, im lufttrockenen Zustande mit etwa 25—26% Wasser $\frac{5}{6}$ kg, künstlich getrocknet (gedörrt) nur etwa $\frac{1}{2}$ kg.

*) Im ersten Bande des „Deutschen Bauhandbuches" Seite 391 und 392.

Die chemische Zusammensetzung des Torfes ist auch eine sehr verschiedene; im Durchschnitte kann man annehmen, daß der Brenntorf 50% Kohlenstoff, 5% Wasserstoff, 32% Sauerstoff und Stickstoff und 13% Asche enthält.

Hiernach berechnet sich die Wärmemenge des Torfes zu etwa 3800 Wärmeeinheiten (im Durchschnitt). Man kann annehmen, daß

schlechter und feuchter Torf . .	2000 Calorien,
bester, getrockneter (Preß-) Torf .	5000 „

besitzen.

Die Praxis ergiebt folgende Vergleichszahlen:

100 kg	heller	Torf	=	94,6 kg	Fichtenholz
100 „	brauner	„	=	107,6 „	„
100 „	Erdtorf		=	104 „	„
100 „	Pechtorf		=	110,7 „	„

Was seine Verdampfungsfähigkeit anlangt, so ergiebt sich aus dem Wärmeeffect, daß 1 kg guter, trockener Torf praktisch etwa 4—4½ kg Wasser, dagegen Torf mit 20% Wasser nur etwa 3 kg Wasser verdampfen kann, theoretisch fast das Doppelte.

Brix: rechnet 50 kg Torf mit 25—38% Wassergehalt verdampfen praktisch durchschnittlich 140 bis 170 kg Wasser.

Der Aschengehalt ist bei den meisten Torfarten größer als beim Holze. Zwar giebt es Torfarten, wie z. B. den Preßtorf, die nur 1 bis 2% unverbrennliche Erdbestandtheile hinterlassen, aber hingegen wiederum andere, welche bei ihrer Verbrennung 30, ja sogar 50% phosphorsäurenreiche Asche ergeben, wie z. B. die schlechtesten Torfarten von Hannover (nach Karmarsch's Versuchen). —

Nach Versuchen von Kane, Walz, Regnault, Karmarsch u. a. ist trockener Torf folgendermaßen zusammengesetzt:

7. Tabelle.

Gewinnungsort des Torfes	Wassergehalt bei lufttrockenem Torfe in %	Kohlenstoff	Sauerstoff	Stickstoff	Wasserstoff	Asche
		im Durchschnitt und in %				
1. Rheinpfalz . .	16,5	55	34	2	6	3
2. Preußen . . .	18	53	33		5	9
3. Holland . . .	—	50,9	30,3		4,6	14,3
4. Bremen . . .	—	57,5	34	1,4	5,7	1,4
5. Württemberg . .	19	50	28,5	2	5,5	14
6. Baden	15	54	38	1,1	5,4	1,5
7. Hamburg . . .	—	57,2	37,56		5,32	2,31
8. Harz	—	57	35,5	0,9	5,8	0,8
9. Neustädter Hütte	10,5	59,6	31,64		5,43	3,32

(Ueber den Temperaturgrad der Hitze, die Torf erzeugt, siehe § 48).

Aus dem Gesagten geht zur Genüge hervor, daß der *gute* und *trockene* Torf ein ganz schätzbares Brennmaterial giebt und daß deshalb Torf die Vorwürfe nicht verdient, die man gegen ihn oft erhebt. Guter, aschenarmer Torf wird stets mit Vortheil zu Feuerungen verwendet werden können, die zwar keine starke, aber stete Erhitzung erfordern. Er eignet sich deshalb namentlich zu Küchenherd- und Stubenofenheizungen, sodann für Ziegel-, Töpfer- und Schmelzöfen. Ja, man wird sogar hier und da mit Torf Dampfkesselfeuerungen mit gutem Erfolg beschicken können; so z. B. wird das Walzwerk in *Neustadt am Rübenberge* mit Torffeuerung betrieben.

In der Art des Brennens nähert sich der leichte, lockere Torf dem Holze, der schwere, dichte mehr der Braunkohle. Torf gehört zu den leicht entzündbaren, mit Flamme verbrennenden Heizmaterialien.

§ 24. Die Gewinnung und Verwendung der Torfkohle.

Aehnlich wie beim Holze wird auch aus dem Torfe durch Erhitzung desselben bei Abschluß oder Zuführung von atmosphärischer Luft eine Kohle erzeugt, die für manche Zwecke ein weit brauchbareres Brennmaterial giebt als der gewöhnliche Torf selbst. Der vorher gut getrocknete und angewärmte Torf wird hauptsächlich in Meilern, aber auch in eigens dazu hergerichteten Oefen und Apparaten verkohlt; letzteres ist theurer, ohne indessen eine größere Ausbeute zu geben, auch liefert die Meilerkohle eine weniger harte Kohle als die im Ofen gewonnene. Die sehr harte Torfkohle führt den Namen Torfkoke.

Diese Kohlenausbeute beträgt bei recht reinem Torf, der nur etwa 1—2% Asche beim Verbrennen hinterläßt, bei schneller Verkohlung 13—17%, bei langsamer dagegen 26—28% des Torfgewichts. Man kann annehmen, daß man im Durchschnitt bei der Verkohlung des Torfes in Oefen $^1/_4$ dem Gewichte nach, $^1/_6$ dem Volumen nach Torfkohle erhält, bei der Meilerverkohlung etwa $^1/_3$ dem Gewichte nach und $^3/_8$ bis $^1/_2$ dem Volumen nach.

Alle Torfarten, die einen größeren Procentsatz an erdigen Bestandtheilen besitzen, eignen sich zur Verkohlung nicht, weil nicht nur die Kohlenausbeute eine geringe ist, sondern diese Kohle auch keine große Festigkeit besitzt.

Nach Scherer besteht eine bessere Torfkohle aus: 86% Kohlenstoff, 10% hygroskopischem Wasser und 4% Asche.

Die schlechteste Torfkohle aus:

34% Kohlenstoff, 10% Wasser und 56% Asche.

Hiernach stellt sich die Wärmemenge der Torfkohle im Durchschnitt auf 6000 Calorien pro 1 kg derselben, und die Torfkohle verdampft praktisch etwa 5—6 kg Wasser.

Die Torfkohle bildet wie die Holzkohle ein ganz vortreffliches Mittel für metallurgische Zwecke, sie ersetzt nicht nur die Holzkohle vollständig, sondern übertrifft sie sogar in vielen Fällen, doch ist noch zu bemerken, daß selbst eine gute Torfkohle bis zu 40% Wasser enthalten kann. Für häusliche Zwecke ist ihre Verwendung dieselbe wie die der Holzkohle.

Auch bei der Verkohlung des Torfes entwickeln sich Dämpfe, welche zu einer öligen Flüssigkeit verdichtet werden können und den bekannten Torftheer ergeben, der vielfache Nutzanwendung findet. Die Gewinnung desselben ist jedoch eine geringere als wie beim Holze, so daß bei der Verkohlung des Torfes die Theergewinnung stets nur Nebenproduct bildet, und zwar beträgt dieselbe höchstens 2%. Dagegen ist die Gewinnung des Torfgases, welches dem Holzgas sehr ähnelt, eine größere und beträgt 15—16%, nicht minder die Ausbeute an Coke (35—36%) und die Gewinnung von Ammoniak und Essigsäure (40%).

Vierter Abschnitt.

Die Entstehung der Braunkohlen und Steinkohlen, ihre Varietäten, chemische Zusammensetzungen, Eigenschaften und Verwendungen. Die Fabrikation der Braunkohlen- und Steinkohlen-Coke, deren Eigenschaften, Bestandtheile und Benutzung.

§ 25. Die Braunkohle und ihre Varietäten.

Die Kohlen sind einst Pflanzen gewesen, welche, unter einer Erddecke begraben, vermoderten. Zu den jüngeren Kohlenarten rechnet man die Braunkohle, die nach dem Grade ihrer Umwandlung etwa in der Mitte steht zwischen dem jüngsten Verkohlungsproceß der Pflanzen, dem Torfe, und dem ältesten,

der Steinkohle oder Schwarzkohle. Es zeigt deshalb die Braunkohle nicht nur die braune Farbe, nach welcher sie den Namen führt, sondern oft auch eine dem Torfe ähnliche, gelbliche, oft eine schwarze Farbe wie die Steinkohle.

Die Braunkohlen unterscheiden sich von den ältesten Kohlenformationen deshalb nicht durch die Farbe, sondern hauptsächlich durch ihre chemische Zusammensetzung; sie haben einen geringeren Gehalt an Kohlenstoff, einen größeren an Sauerstoff, Stickstoff, Asche und hygroskopischem Wasser. Ferner lassen sie sich etwas leichter entzünden als Steinkohlen, weil in ihnen eine größere Menge von flüchtigem Bitumen (Theer) enthalten ist, auch backen sie niemals, behalten im verkohlten Zustande ihre Form bei und verbrennen mit runzlicher Flamme und oft mit einem unangenehmen brenzlichen Geruche.

Die am meisten benutzten Braunkohlen sind:

1. Die gemeine Braunkohle, auch Stückkohle oder Knörpelkohle genannt, welche meistens noch eine deutliche Holzstructur zeigt, muschligen Bruch, fettglänzendes Aussehen und große Festigkeit besitzt und zwar die größeste von allen Braunkohlenarten; dagegen ist ihre Dichtigkeit und Sprödigkeit verschieden. (Fundorte: Mansfeld, Sachsen-Thüringen, Rheinprovinz, Böhmen, Steiermark, England.)

2. Die erdige Braunkohle (Erdkohle, Schmierkohle, Schweelkohle, Rußkohle), die eine staubartige, glanzlose, leicht zerreibliche Masse bildet von gelbbrauner bis schwarzbrauner Farbe. Sie ist zuweilen schmierig und fettig oder trocken und unrein, aus mehr oder weniger fest verbundenen Theilen bestehend und feuchtem Pechtorfe (z. B. die Erdkohle der Provinz Sachsen) sehr ähnelnd. Da sie sehr viel Asche hinterläßt und mit starker Rauchentwickelung und brenzlichem Geruche verbrennt, so ist sie ohne Frage eine von den schlechtesten Braunkohlenarten. Häufig wird sie, mit Wasser vermengt, zu einem Teig verarbeitet, aus dem sogenannte Kohlenziegel geformt werden (vergl. § 34). (Fundorte: Thüringen, Sachsen, Nieder-

rhein, Algerien.) In der Nähe dieser Fundorte gilt sie wegen ihrer großen Billigkeit für ein brauchbares Brennmaterial für Dampfkesselfeuerungen u. s. w.; ihre Verbrennung erfordert aber eigene Rostconstructionen, und zwar einen Treppenrost und Kettenrost.

3. Lignit (fossiles bituminöses Holz oder holzartige Braunkohle); es zeigt ganz deutlich in Kohle übergegangene Holzmassen und hat holzartiges Aussehen. Gewöhnlich ist seine Farbe schwarzbraun, doch giebt es auch bituminöses Holz, das gelblich oder schwärzlich aussieht. Der Querbruch des Lignits ist faserig und muschlig, das Gewicht eines Cubikmeters 1400 bis 2000 kg. Es liefert ein gutes Brennmaterial und hat von allen Braunkohlenarten den geringsten Aschengehalt, und zwar nur $^1/_2$ bis 2 Procent. (Berühmte Fundorte: die Braunkohlengruben der Rhön bei Bischofsheim und Kaltennordheim; andere Fundorte in Thüringen, Sachsen, Hessen u. s. w. und namentlich auf Island.)

Als Abarten von ihr sind besonders zu merken:

a) Die Bastkohle, die aus Verkohlung von Baumrinden entstanden ist und die faserige Structur des Bastes zeigt. (Fundorte: Kaltennordheim, Offenheim in der Wetterau u. a.)

b) Die Nadelkohle, deren nadelförmige Stücke aus den Gefäßbündeln vermoderter Palmenbäume entstanden sind. (Fundorte: Lobsann im Elsaß, Rott im Siebengebirge u. a.)

4. Die Moorkohle. Sie ist eine aus Torf entstandene Braunkohle, welche zerbrechlich ist und einen ebenen, seltener muschelartigen Querbruch zeigt. Ihre Farbe ist schwarzbraun bis pechschwarz. Sie ist meist ohne Holzstructur, schwach glänzend und ähnelt der Steinkohle. (Fundorte: Hessen, Böhmen und Mähren.)

5. Die Blätterkohle (blättrige Braunkohle, Papierkohle, Stinkkohle oder Dysodil). Hierunter versteht man einen, mit Bitumen durchtränkten Polirschiefer, der sich leicht in dünne Blätter spalten läßt. Diese Kohle wird zur Paraffin-

und Photogenbereitung viel verarbeitet, eignet sich aber zum Brennmaterial gar nicht, weil ihr Aschengehalt ein sehr großer und zwar bis 58% ist. (Fundorte: Böhmen, Rhein, Siebengebirge.) (Siehe § 43.)

6. Die Pechkohle oder Gagatkohle. Sie ist dicht, spröde, in scharfkantige Stücke zersprengbar, ohne Spuren von vegetabilischem Ursprung, wachsglänzend, leicht mit der Steinkohle zu verwechseln, mit muschligem Querbruch und sammetschwarzer Farbe. Wegen ihrer großen Politurfähigkeit wird sie zu Trauerschmucksachen vielfach verarbeitet. Als Brennmaterial ist sie von mittlerer Güte. (Fundorte in Böhmen.)

7. Die Glanzkohle und Stängelkohle. Sie ist derb, glänzend und von dunkelschwarzer Farbe, mit Steinkohle leicht zu verwechseln. (Fundorte: Westerwald, Meißner und Böhmen.)

Die stängelige Glanzkohle hat den größten Kohlenstoffgehalt von allen Braunkohlenarten und hinterläßt fast gar keine Asche, so daß sie als die vorzüglichste Braunkohle angesehen werden kann.

§ 26. Die chemischen Zusammensetzungen der Braunkohlen.

Im Durchschnitt besteht die Braunkohle aus etwa 66% Kohlenstoff, 4% Wasserstoff, 29% Sauerstoff und 1% Stickstoff. Setzen wir diese Werthe in die bekannte Formel ein, so erhalten wir

$$W = 34\,500\left(0{,}04 - \frac{0{,}30}{8}\right) + 7050 \,.\, 0{,}66 = 4722$$

Calorien (im Durchschnitt) für 1 kg Brennstoff als absolute Wärmemenge.

In folgender Tabelle ist die chemische Zusammensetzung einiger Braunkohlenarten angegeben.*)

*) Siehe Conversations-Lexikon von Meyer, Bd. III., S. 663.

8. Tabelle. Chemische Zusammensetzung einiger Braunkohlen.

Braunkohlen und deren Fundorte	Kohlenstoff	Wasserstoff	Sauerstoff u. Stickstoff	Asche
	in % ausgedrückt			
1. Heller Lignit aus dem Westerwald	70,26	6,4	21,4	1,9
2. Dunkler Lignit ebendaher . . .	58,20	5,9	35,1	1,7
3. Schwarzbrauner Lignit aus Thallern	49,58	3,81	22,68	19,34
4. Stängelige Glanzkohle vom Meißner	**86,67**	**3,94**	**9,39**	**0**
5. Erdkohle von Mertendorf . . .	49,5	5,1	22,8	21,5
6. Gelbweißliche Erdkohle von Gerstewitz	67,1	10,2	10,0	12,6
7. Gemeine Braunkohle vom Siebengebirge	77,1	2,54	19,35	1,0
8. Pechkohle vom Habichtswald . .	57,26	4,52	26,16	1,33
9. Pechkohle aus Bayern	73,84	3,91	12,25	8,32
	68,36	4,52	23,66	5,36

Nach dieser Tabelle ist die stängelige Glanzkohle vom Meißner, mit Rücksicht auf den Kohlenstoff- und Wassergehalt, die allerbeste von den zehn aufgeführten Varietäten, während die Erdkohle von Mertendorf die schlechteste ist. Die Wärmemenge der ersteren ergiebt circa 7000 Calorien, die der letzteren dagegen nur 4200, mithin übertrifft die gute Braunkohle das Holz an Wärmeeffect gerade um das Doppelte, während die schlechteste Braunkohle immer noch eine größere Wärmemenge besitzt als das beste lufttrockene Buchenholz.

Auch die Verdampfungsfähigkeit ist eine weit größere als die des Holzes, denn es vermag ein Kilogramm

praktisch 4 bis 5 kg Wasser in Dampf zu verwandeln, theoretisch aber 7 bis 8 kg.

Die Brennbarkeit der Braunkohle ist dagegen eine geringere, denn Braunkohlen lassen sich ziemlich schwer entzünden, aber immer noch etwas leichter als Steinkohlen.

Der pyrometrische Wärmeeffect, d. h. der Grad der Temperatur, den eine Braunkohle bei ihrem Verbrennen erzeugt, ist im § 48 berechnet worden.

§ 27. Die Verwendung der Braunkohlen.

Wegen ihres ziemlich hohen Wärmeeffectes eignet sich die Braunkohle recht gut zur Zimmerheizung und zu Rostfeuerungen und findet als Brennmaterial eine sehr große Verwendung. Da ihre Verdampfungsfähigkeit ebenfalls nicht gering ist, so geben die Braunkohlen auch ein gutes Brennmaterial zu Dampfkesselfeuerungen, jedoch ist der Effect ein geringerer als bei Steinkohlenfeuerungen, weil selbst die beste Braunkohle backende Steinkohlen nicht zu ersetzen vermag.

Im Allgemeinen kann man zum Heizen jede Braunkohlenart gebrauchen, doch wird man im Speciellen die erdigen und knorpeligen Braunkohlen zum Heizen der Zimmeröfen, Kamine und Küchenherde, der stationären Dampfkessel, der Backöfen, der Oefen für Ziegel- und Kalkbrennereien, Siedereien u. s. w. zweckmäßig verwenden, während man zur Feuerung von Lokomotiven, Dampfschiffskesseln, Puddel-, Schweiß- und Gußstahlöfen u. s. w. — kurz! von solchen Oefen, die einen hohen Temperaturgrad verlangen, besonders die gemeinen Braunkohlen, sowie die Pech- und Glanzkohlen gebraucht.

Am besten ist es, wenn man die Braunkohlen im frisch geförderten Zustande verwendet, weil nach Untersuchungen von Varrentrapp beim Liegen an der Luft die Braunkohle langsam unter reichlicher Entwickelung von Kohlensäure verbrennt.

Außerdem wird aber auch die Braunkohle zur Bereitung von Gas (siehe § 41), von Coke (siehe § 32), von Kohlenziegeln und Preßsteinen (siehe § 34), von Mineralölen und Paraffin, von Ruß (namentlich die Pechkohlen) und Theer u. s. w. u. s. w. benutzt. Es geben im Durchschnitt 100 kg Kohlen aus Sachsen 27,36 kg Coke, 49,85 kg Ammoniakwasser, 9,51 kg Theer und 13,04 kg Gase und Dämpfe. Der Braunkohlentheer enthält etwa 8½% Photogen, 41½% Solaröl, 41% Paraffinmasse, 5½% Kohle und 3½% Verlust.

§ 28. Die Steinkohlen (Schwarzkohlen).

Die ältesten Kohlenformationen liefern die Steinkohlen oder Schwarzkohlen, an denen meistens eine Holzstructur nicht mehr genau zu erkennen ist. Dadurch und durch andere, im § 26 bereits aufgeführte Merkmale sind die Steinkohlen und Braunkohlen von einander zu unterscheiden. Allein der Uebergang von der einen Kohlenart in die andere ist oftmals so unmerklich, daß es selbst einem Fachmanne häufig schwer fällt, eine genaue Unterscheidung zwischen beiden zu treffen, denn der braune oder schwarze Strich, der größere oder geringere Glanz, ja selbst die chemische Zusammensetzung sind oft keine unfehlbaren Kennzeichen.

Die Steinkohlen lassen sich eintheilen in:

1. Glanzkohlen, welche sammetschwarz und ziemlich spröde sind und einen starken Glanz haben. (Fundorte: Schlesien und namentlich Westfalen.)

2. Pechkohlen. Sie haben pechartigen Glanz und vollkommen muschligen Querbruch. (Fundorte: Schlesien, Rheinprovinz, Sachsen, Süddeutschland, Schottland.)

3. Schieferkohlen mit deutlich schiefriger Structur und mittlerem Glanze. (Fundorte: Schlesien [Waldenburg], Sachsen [Wettin], Rheinprovinz und Westfalen, Dresden [Potschappel], Süddeutschland, England und Schottland.)

4. Blätterkohlen, Abart der vorigen, mit dünnschiefriger Structur, starkem Glanze und geringer Härte. (Fundort: Pilsen in Böhmen.)

5. Grobkohlen mit unebenem Bruch, grobem Korn, meist dickschiefriger Structur, wenig Glanz und reich an erdigen Bestandtheilen. (Fundorte: Schlesien und Königreich Sachsen.)

6. Rußkohlen. Sie haben eine mattschwarze Farbe, enthalten erdige Bestandtheile, sind weich wie zusammengedrücktes Steinkohlenpulver und abfärbend.

7. Faserkohlen, die ebenfalls weich und abfärbend und von faserigem Aussehen sind und leicht mit der Kohlenblende verwechselt werden.

8. Kännelkohlen (Cannelkohle) mit ebenem oder flachmuschligem Bruch, schwachem Glanze und geringer Sprödigkeit; sie lassen sich sehr leicht entzünden und verbrennen mit großer, heller und weißer Flamme. (Fundorte: England [Wigan in Lancashire, Whitehaven, Sheffield] und Schottland [Edinburg, Clydesdale.])

9. Bogheadkohlen. Diese sind dickschiefrig, weich, zähe und ohne Glanz und scheinen in scharfen Kanten röthlichbraun durch. (Fundorte: Schottland und die Hebrideninseln.) (Vergl. § 43.)

10. Anthracit oder Kohlenblende. Sie ist die älteste Steinkohlenart, hat einen stark metallurgischen Glanz und den größten Kohlenstoffgehalt von allen Kohlenarten. Sie verbrennt schwer, mit schwacher Flamme und ohne Rauch. (Fundorte: Schönfeld, Wurzbach, Lischwitz, französische Alpen, Pennsylvanien und Island.)

In der Technik unterscheidet man folgende drei Steinkohlenarten:

a) Die Sinterkohlen, d. s. Steinkohlen, die mit Flamme verbrennen und deren Kohle die Form der Steinkohle bei verringertem Volumen behält, während die zerkleinerten Theile zu einer lockeren Masse zusammenfritten. Sie liefern bei trockener

Destillation Coke, haben eine schwärzlich-graue Farbe und schwere Entzündlichkeit.

b) Die Back- oder Fettkohlen. Sie backen in der Hitze zu einer mehr oder minder lockeren Masse zusammen und geben nach Entwickelung von Theerdämpfen poröse Coke. Ihre Farbe ist dunkelschwarz und ihre Entzündlichkeit ziemlich groß.

c) Die Sandkohlen oder mageren Kohlen. Sie zerfallen in der Hitze und hinterlassen sandige Kohle und keine Coke.

Sodann kann man die Steinkohlen auch nach ihrer Elementarzusammensetzung und ihrer praktischen Verwendung, sowie nach ihrem Verhalten in der Hitze unterscheiden in langflammige und kurzflammige, sauerstoffreiche und kohlenstoffreiche, gasarme und gasreiche Steinkohlen.

Oft wird auch die Steinkohle gewaschen, um fremde Beimengungen, welche der Verbrennung hinderlich sein würden, zu entfernen; solche Kohlen werden Waschkohlen genannt.

Schließlich wird auch noch nach der Größe der aus den Bergwerken geförderten Steinkohlen eine Unterscheidung gemacht; man spricht dann von Stückkohlen, Knorpelkohlen, Würfelkohlen, Gruskohlen und Kohlenklein.

§ 29. Die chemischen Zusammensetzungen und Eigenschaften der Steinkohlen.

Die Schwarzkohle besteht aus etwa 80—92% Kohlenstoff, 4—5½% Wasserstoff und 4—14% Stickstoff und Sauerstoff.

Ueber die chemische Zusammensetzung der verschiedenen Steinkohlenarten haben wir folgende

9. Tabelle.*)

Bezeichnung der Steinkohlen	Kohlenstoff	Wasserstoff	Stickstoff u. Sauerstoff	Erzeugte absolute Wärmemenge in Calorien
	in % ausgedrückt			
A. Langflammige und sauerstoffreiche Steinkohlen:				
1. magere Flammkohlen	80,8	5,2	14,0	6887
2. sinternde Flammkohlen	83,4	5,4	11,2	7260
3. backende Flammkohlen	84,8	5,2	10,0	7340
B. Kurzflammige u. kohlenstoffreiche Steinkohlen:				
4. Fettkohlen (backende).	89,0	5,0	6,0	7740
5. Eßkohlen (sinternde)	90,7	4,5	4,8	7740
6. Anthracitkohlen (magere) . . .	92,0	4,0	4,0	7694

Aus dieser Tabelle geht hervor, daß die von Steinkohlen im Durchschnitt erzeugte Wärmemenge etwa 7400 Calorien enthält, daß die magere Flammkohle den geringsten, die backende Fettkohle und sinternde Eßkohle dagegen den größten Wärmeeffect besitzen.

Diese letzteren Steinkohlen werden also mit Vortheil ganz besonders zu solchen Feuerungen verwendet werden, die eine möglichst große Wärmequantität liefern sollen.

Die Intensität der Wärme, der Hitzegrad, ist bei den Steinkohlenfeuerungen auch sehr groß; man vergleiche hierüber das im § 48 Gesagte.

*) Diese Tabelle ist dem „Kalender für Maschineningenieure und Hüttentechniker" von Stühlen entlehnt, jedoch von uns etwas umgeändert und erweitert worden.

Der Gehalt an Asche, Schlacken, Flugasche u. s. w. schwankt zwischen 4 und 30 (!) Procent und zwar beträgt er:

bei den	vorzüglichsten	Steinkohlen etwa	4 %
„	sehr guten	„ „	5— 8 „
„	guten	„ „	8—12 „
„	mittelmäßigen	„ „	12—18 „
„	schlechten	„ „	18—30 „

Im Durchschnitt kann man ferner rechnen bei westfälischen Kohlen 10 %, Saarkohlen 18 %, sächsischen Kohlen 25 %, englischen Kohlen 8 % und amerikanischen 10 %.

Was die von 1 kg Steinkohle verdampfte Wassermenge anlangt, so schwankt dieselbe zwischen 6 und $8\frac{1}{2}$ kg. Da zur Verdampfung von 1 kg Wasser von 0° theoretisch etwa 640 Wärmeeinheiten nöthig sind, so würde also theoretisch die Steinkohle im Mittel $\frac{7400}{640} = 11,56$ kg Wasser verdampfen können; praktisch kann man jedoch nur etwa 60 % dieses Effectes nutzbar machen, so daß sich demnach praktisch nur $\frac{11,56 \cdot 60}{100} = 7$ kg Wasser im Durchschnitte mit 1 kg Steinkohle verdampfen lassen. (Vergl. § 47.)

Nach Menzel und Georg u. a. können praktisch verdampfen:

1 kg	Zwickauer Preßkohle . .	6,45	kg Wasser.
1 „	Böhmische Kohle . . .	5,58	„ „
1 „	Saarbrücker Schmiedekohle	6,06	„ „
1 „	Ruhrer Nußkohle . . .	6,09	„ „
1 „	Englische Kännelkohle . .	7,74	„ „
1 „	Nordamerikanische Kohle .	8,02	„ „

Das Verhältniß zwischen Steinkohle, Braunkohle und Holz stellt sich folgendermaßen: 3 kg Steinkohle verdampfen ebensoviel als 5 kg Braunkohle und 8 kg Holz. Mit-

hin verdampft von allen bisher genannten Brennmaterialien die Steinkohle am meisten.

Das Heizvermögen stellt sich dem Volumen nach von Holz zu Steinkohle wie 5 zu 1, d. h. Steinkohle hat ein fünfmal größeres Heizvermögen als Holz, dem Gewichte nach wie 15 zu 8.

Das Gewicht der Steinkohlen beläuft sich auf 1200 bis 1500 kg pro 1 cbm dichte Masse. Ein Dresdner Scheffel (etwa 55 l) kleinstückiger Steinkohle wiegt 86 kg, großstückiger Steinkohle 80 kg.

§ 30. Die verschiedene Verwendung der Steinkohlenarten.

Nicht nur die sauerstoffreichen, mit langer Flamme verbrennenden Steinkohlen, sondern auch die kohlenstoffreichen, kurzflammigen und wasserstoffarmen werden zu den vorzüglichsten Brennmaterialien gerechnet.

Zu den langflammigen Steinkohlen gehören die meist mageren Kohlen von Oberschlesien, die backenden und sinternden von Waldenburg, die mageren und sinternden, auch schwach backenden Kohlen von Saarbrücken, sowie die Backkohlen und Gaskohlen von Gelsenkirchen.

Zu den kurzflammigen Steinkohlen rechnet man die Anthracitkohle (Kohlenblende), die Kohle aus dem Wurmreviere, aus den Bassins der Jade und der unteren, sowie mittleren Partie des westfälischen Beckens.

Die beste Hauskohle ist ohne alle Frage die magere Anthracitkohle,*) weil sie wenig Gase und keinen Ruß erzeugt. Da sie jedoch sehr schwer entzündbar ist, so ist Hauptbedingung, daß in dem Ofen ein guter Luftzug herrscht. Ist

*) Mit Benutzung eines Vortrages des Herrn Hilt über die „Zusammensetzung und Eigenschaften der Steinkohlen", gehalten im Bezirksverein Deutscher Ingenieure.

ein solcher nicht zu erreichen, so wird man lieber von einer Verwendung der Kohlenblende abstehen und statt ihrer die Zimmeröfen und Küchenherde mit Fett- und Eßkohlen oder auch mit den langflammigen Kohlen heizen; bei letzteren ist allerdings die Wärmecapacität eine etwas geringere. Die Anthracitkohle ist ferner wegen ihres reichlichen Kohlenstoffgehaltes, ihrer Festigkeit und ihres Freiseins von fremden Stoffen sehr geeignet für den Hüttenbetrieb, für metallurgische Reductionsprocesse (z. B. für Zinkreductionen), sowie für Ziegel- und Kalkbrennereien.

Die ältere Sinterkohle ist die beste Dampfkesselkohle. Zu ihr gehört die westfälische Eßkohle und die Flammkohle des Wurmrevieres, auch die Kohle von den Außenwerken bei Eschweiler. Die ältere Sinterkohle erzeugt wenig Rauch und fällt wegen ihres Zusammensinterns nicht durch die Zwischenräume des Rostes. Da sie eine größere Gasmenge entwickelt, so gestattet sie eine bessere Ausnutzung der Kesselfläche. Auch für Stuben- und ganz besonders für Küchenfeuerungen ist sie gut geeignet. Wegen ihres größeren Kohlenstoffgehaltes ist diese ältere Sinterkohle auch für den Hochofenbetrieb gut zu verwenden; sie zerknistert nicht, wenn sie stückreich gebrochen ist. (Südwales und Pennsylvanien.) Weniger brauchbar erscheint sie jedoch zur Bereitung von Coke (siehe § 32); zu diesem Zweck muß sie mit Backkohle vermischt werden.

Die eigentliche Industriekohle ist die Backkohle und zwar dient die gasärmere zur Bereitung der Coke und als Schmiedekohle, während die gasreichere für den Puddel- und Schweißofenbetrieb sehr geeignet ist. Die Backkohle (backende Flammkohle und Fettkohle) ist dagegen weniger brauchbar für Stubenöfen, Kamine und Küchenherde, weil sie sehr viel Ruß erzeugt und mit einem üblen Geruche verbrennt, auch weil sie sehr leicht verlischt, was bei der besten Hauskohle, dem Anthracit, nicht der Fall ist.

Die backende Gaskohle wird hauptsächlich zur Bereitung von Gas und Coke verwendet, weil sie nicht nur eine ergiebige Gasausbeute, sondern zu gleicher Zeit auch sehr brauchbare Coke liefert.

Sonst sind zur Gasfabrikation auch ganz besonders die wasserstoffreichen Sorten der sinternden Flammkohlen geeignet, die in Waldenburg, Saarbrücken, Westfalen und Schlesien gefördert werden.

Die gasreiche, junge Sinterkohle ist für Gasfeuerungen geeignet, sie ist aber sehr theuer, weil die Verwendung von stückreicher Kohle vorausgesetzt werden muß.

Die gasreiche Sandkohle steht der vorigen sehr nahe und wird nicht nur für Gasfeuerungen, sondern auch da, wo dieselbe stückreich und fest ist (Saarbrücken), für Flammofenprocesse, die eine sehr lange Flamme erfordern, gebraucht und ist dort durch andere Kohlen sehr schwer zu ersetzen.

Die Gruskohle vom Wurmrevier, von Westfalen und Belgien eignet sich wohl zur Kesselfeuerung und zum Hochofenbetrieb, wird aber gewöhnlich zur Ziegel- und Kalkbrennerei benutzt. Will man die Gruskohle auch zum Heizen der Zimmeröfen, Kamine und Küchenherde — wie überhaupt zu Rostfeuerungen verwenden, so muß man diese kleinen Kohlenstückchen vor der Beschickung annässen, damit sie backen und nicht unverbrannt durch die Zwischenräume der Roststäbe in den Aschenkasten fallen, wodurch sie der Feuerung nutzlos verloren gehen würden.

Die schottische Bogheadkohle ist von allen Steinkohlen die gasreichste und deshalb zur Gasfabrikation ganz besonders geeignet.

Bei der **Verkohlung der Steinkohle** wird nicht nur Leuchtgas und Coke gewonnen, sondern auch eine Menge anderer, fester, flüssiger und gasförmiger Körper.

Die **festen** Körper sind:

Naphthalin, Pyren, Chrysen, Paraffin, Paranaphthalin.

Die **flüssigen** Körper sind:

Ammoniak, Schwefelkohlenstoff, Anilin, Chinolin, Carbolsäure, Pikolin, Benzol, Xylol, Cyan, Schwefelcyan, Paraffinöl, Tuluol, Cymol, Cumol.

Die **gasförmigen** Körper sind:

Oelbildendes Gas, Grubengas, Wasserstoffgas, Kohlenoxydgas, Propylen, Butylen, Kohlensäuregas, Schwefelwasserstoffgas.

Diese letzteren Körper faßt man zusammen in den Collectivbegriff „Leuchtgas" (siehe § 41). Die flüssigen Körper haben wässerige Producte, die hauptsächlich aus Ammoniak bestehen, und theerige Oele. Das wichtigste von ihnen, der Steinkohlentheer (siehe § 40), besteht aus Kohlenstoff, Anilin, Leukolin u. s. w.

Bei der Verkohlung der Steinkohle behufs der Gasgewinnung ist nach Oppler die Ausbeute aus 1 Tonne (ca. 1016 kg) englischer Kohle etwa folgende:

Kohlengas . . .	=	210 l
Kohlentheer . . .	=	84 l
Coke	=	700 kg
Benzol	=	1,6 l
Schweres Oel . .	=	40,9 l
zusammen etwa		1,4 cbm.

§ 31. Die Gewinnung von Coke (Coaks).

Um ein an Kohlenstoff reicheres Brennmaterial zu erhalten, welches ohne oder mit nur geringer Flamme, ohne Entwickelung von Rauch, Ruß und übelriechenden Gasen und Dämpfen, ohne

Erweichung und ohne ein Aufblähen sehr gleichmäßig verbrennt und einen hohen Wärmeeffect besitzt, entzieht man der Kohle möglichst viel Schwefel, indem man sie in Meilern oder in Oefen oder in Retorten, ähnlich wie Holz und Torf, verkohlt oder vercokst. Das hierbei gewonnene feste Product nennt man Coke (Cohks, Coaks) und man unterscheidet je nach der Kohlenart Steinkohlen- und Braunkohlencoke. Gascoke ist Coke, welche bei der Bereitung des Leuchtgases in den Retorten zurückbleibt.

Zur Bereitung der **Steinkohlencoke** eignen sich die fetten Backkohlen und die Sinterkohlen, die letzteren aber werden, weil sie nur wenig backen, mit backenden Steinkohlen zumeist vermischt. Auch die Gruskohle, das Kohlenklein, eignet sich ganz gut zur Cokebereitung und findet, da sie zu Rostfeuerungen nicht gut benutzt werden kann, auf diese Weise eine zweckmäßige Verwendung.

Nicht geeignet hierzu erscheinen diejenigen Backkohlen, welche stark mit Schichten von Faserkohlen durchzogen sind und deren Klüfte starke Beimengungen von fremdartigen Bestandtheilen enthalten, ferner auch diejenigen Sinterkohlen, welche durch feine Risse und Klüfte sehr zerspalten sind, und Sandkohlen, weil sie zumeist in kleine Stücken zerfallen, die in Schachtöfen nicht verwendet werden können. Dagegen sind Sandkohlen oder magern Kohlen mit backenden Einmengungen (mit Pech und fetter Kohle) neuerdings zur Cokebereitung benutzt worden, während man Sandkohlen mit circa 90% Kohlenstoffgehalt schon als natürliche Coke ansieht und unter Umständen als solche verwendet, wenn sie nämlich eine dichte Masse bildet und nicht zerspringt.

Die Bereitung der Coke aus **Braunkohlen** ist seltener, es wird hauptsächlich die faserige Braunkohle, das Lignit, dazu verwendet, sodann eignet sich hierfür

auch manche Pechkohlen- und Glanzkohlenart. Die hieraus gewonnene Coke ist der Holzkohle ähnlich. Die übrigen Braunkohlenarten, die sich allein nicht zur Vercokung eignen würden, werden mit fetten, backenden Steinkohlen vercokst und liefern dann eine recht brauchbare Coke.

Kohlen, die reich sind an mineralischen Bestandtheilen, sind zur Vercokung nicht brauchbar, weil diese Stoffe nicht nur den ganzen Verkohlungsproceß sehr beeinträchtigen, sondern auch den Heizeffect wesentlich verringern und den Rost verschlacken. Will man trotzdem auch solche Kohlen verwenden, so muß man die Beimengungen durch Aufbereiten (Sortiren oder Verwaschen) sorgfältig entfernen. —

Wie wir bereits oben bemerkten, geschieht die Vercokung der Kohlen in Meilern, Haufen, Oefen und Retorten. Die Meilervercokung, fast stets bei Stückkohlen angewendet, ist billig und einfach und leicht auszuführen: sie wird nur dann angewendet, wenn die Herstellung der Coke Hauptzweck ist und auf die sich entwickelnden Gase keine Rücksicht genommen wird. Gleichförmige Kohlen werden in Haufen vercokst; hierbei gehen die Gase auch verloren und die Ausbeute ist eine geringere als bei der Meilervercokung. Das Kohlenklein oder die Gruskohlen, sowie die halbgroßen Kohlen, ja selbst die Stückkohlen werden in eigens dazu construirten und erbauten, zum Theil gewölbten Oefen — (besonders erwähnenswerth sind die schachtförmigen Coksöfen von Appolt und Knab) — mit oder besser ohne Zuführung der Luft vercokst, namentlich aber dann, wenn man neben dem Brennmaterial auch noch Gas und Theer gewinnen will. Ist dagegen der Hauptzweck die Gas- und Theergewinnung und die Herstellung der Coke Nebensache, so bedient man sich zur trockenen Destillation der Kohlen der eisernen Retorten (Gasretorten).

Die Ausbeute und Beschaffenheit der Coke variirt bedeutend und ist einmal abhängig von den verwendeten

Kohlen selbst, das andere mal aber von der Construction der Coksöfen und der bei der trockenen Destillation angewendeten Temperatur. „Hohe Temperatur erzeugt weniger, aber härtere, dichtere und schwerer entzündliche Coke als eine niedrige Temperatur.“

Nach Karsten nimmt man an, daß die Ausbeute an Coke beträgt bei:

Backkohlen	mit	0,65 %	Asche		86 %
„	„	28,0	„	„	57 „
Sinterkohlen	„	0,60	„	„	78 „
„	„	23,0	„	„	58 „
Sandkohlen	„	1,6	„	„	70 „
„	„	29	„	„	59 „
Anthracit	„	0,6	„	„	96 „
„	„	20	„	„	72 „
Braunkohlen	„	8	„	„	50—60 „
Lignit	„	1	„	„	48 „

Das Volumen der Kohlen nimmt bei der Bereitung von Coke bei Backkohlen um 10—12 % und bei Sinterkohlen und Anthracit um wenige Procente zu, dagegen bei Sandkohlen um 8—10 % ab.

§ 32. Zusammensetzungen und Eigenschaften der Steinkohlen= und Braunkohlencoke.

Die Coke aus Steinkohlen ist leichter als die Steinkohle und hat gewöhnlich eine grauschwarze Farbe, schwachen Glanz, große Porösität, geringen Schwefelgehalt. Sie verlangt zum Verbrennen mindestens den gleichen Luftzug als die Steinkohle. Die Coke, welche von Backkohlen herrührt, ist locker und schwammig und läßt die Luft leicht durchstreichen, während die Coke aus Sinterkohlen eine dichtere und festere Masse bildet und die aus Sandkohlen für den Luftdurchzug ungünstig wirkt. Die Backkohlencoke kann jedoch durch ihre Lockerheit unbrauchbar

werden, denn sie kann schon beim Aufeinanderliegen großer Massen durch ihr eigenes Gewicht zerdrückt werden, noch weit mehr also in hohen Schachtöfen durch die Last der Erze. Es wird deshalb diese Coke vorzugsweise in niederen Schachtöfen verwendet und dort aber mit recht günstigem Erfolge.

Die Coke aus Braunkohlen ist stets sehr bröckelig und steht der Coke aus Steinkohlen bedeutend nach, deshalb ist auch eine Verkokung der Braunkohle behufs Cokegewinnung weniger vorgenommen worden.

Die Coke, welche bei der Bereitung von Leuchtgas als Nebenproduct aus gewöhnlich wasserstoffreichen Backkohlen in schnell erhitzten Retorten gewonnen wird, ist leichter und also schlechter als diejenige, bei der die Gase gar nicht abgezogen sind oder bei der die Gasfabrikation nur Nebensache ist. Sie ist ferner aufgebläht, mehr oder weniger löcherig, reich an Wasserstoff urd Sauerstoff, weil die Steinkohle zur Vermeidung eines zu großen Brennmaterialaufwandes nur kurze Zeit erhitzt wird. —

Das Gewicht eines Cubikmeters Coke beträgt 300 bis 500 kg.

Die Steinkohlencoke enthält im Durchschnitt etwa 90% Kohlenstoff, 0,3 bis 0,5% Wasserstoff, 2 bis $2^1/_2$% Sauerstoff und Stickstoff und 5 bis 10% hygroskopische Feuchtigkeit. Diese Werthe in die Formel aus der Elementaranalyse eingesetzt, erhält man die absolute Wärmemenge der Coke im Durchschnitt zu:

$$W = 34\,500\left(0{,}004 - \frac{0{,}024}{8}\right) + 7050 \,.\, 0{,}90$$

W = 6380 Calorien für 1 kg Brennstoff.

Nach Wagner ist die chemische Zusammensetzung einiger Cokearten folgende:

10. Tabelle.

Coke	Kohlenstoff	Wasserstoff	Sauerstoff, Stickstoff 2c.	Asche
1. Zwickauer	89,28	0,42	2,1	8,2
2. Saarer	90,37	1,03	2,4	6,5
3. Ruhrer	88,97	0,73	4,0	7,3
4. Stockheimer	86,45	0,25	1,9	11,4
5. Böhmische Nr. 1	86,94	0,36	2,2	10,6
6. Böhmische Nr. 2	80,71	0,29	1,6	17,4
7. Belgische	91,92	0,48	2,0	6,6

Coke mit 15% Aschengehalt verdampft praktisch 5 bis 6 kg Wasser (theoretisch etwa 10 kg), also gerade die doppelte Menge von lufttrockenem Holze und mehr als Braunkohle.

(Der pyrometrische Wärmeeffect findet sich angegeben im § 48.)

§ 33. Verwendung der Coke.

Da die Coke bei ihrer Verbrennung keinen Ruß, keinen Rauch, keine hohe Flamme, keine üblen Gerüche und Dämpfe erzeugt, so ist sie ganz besonders zur Heizung unserer Zimmeröfen und Küchenherde zu gebrauchen, zumal da sie auch noch einen hohen Wärmeeffect besitzt, gleichmäßig verbrennt und z. B. billiger ist als Steinkohle (nach Maß gerechnet, nach Gewicht ist Steinkohle billiger als Coke, siehe § 50). Hauptbedingung bei der Verwendung der Koke ist jedoch, daß die Oefen einen starken Luftdurchzug gestatten, weil sonst eine vollkommene Ver-

brennung der Coke nicht erreicht wird. (Siehe § 48.) Ferner ist die Coke sehr schwer entzündlich und dies ist für kleine Feuerungsanlagen unangenehm; für diese möchte eine Verwendung weniger empfehlenswerth erscheinen. Will man Coke als Brennmaterial für den häuslichen Gebrauch verwenden, so ist vorerst nur ein Versuch anzurathen; ergiebt derselbe eine vollkommene Verbrennung der Coke durch die Feuerungsanlage, so ist die weitere Verwendung der Coke sehr empfehlenswerth, weil durch dieses Brennmaterial nicht zu unterschätzende Vortheile gewährt werden.

Die Coke findet die ausgedehnteste Verwendung im Eisenhochofenbetrieb, sie wird ferner benutzt zur Bereitung der Briquettes, zum Filtriren u. s. w. u. s. w., und erscheint wegen ihrer ziemlich hohen Verdampfungsfähigkeit auch geeignet zur Feuerung der Dampfkessel. In früherer Zeit wurden die Locomotiven fast ausschließlich mit Coke geheizt.

Schließlich sei nochmals besonders darauf hingewiesen, daß die von Gasanstalten bezogene Coke weniger gut ist, weil sie nur in geringerem Maße jene oben aufgeführten guten Eigenschaften besitzt.

Fünfter Abschnitt.

Künstliche Brennstoffe: Briquettes, Preßsteine, Peras aus Steinkohlen und Braunkohlen, Torfziegel, Pariser Holzkohle, Loh- und Zündkuchen ꝛc. ꝛc. Ihre Fabrikationen, Eigenschaften und Verwendungen.

§ 34. Die künstlichen Brennmaterialien aus Stein- und Braunkohlen.

Zu denselben rechnet man die Briquettes oder gepreßten Kohlenziegel, sowie die Preßsteine, Klütten, Peras und Buitton'schen Brennmaterialien.

Die **Fabrikation der Briquettes** ist eine sehr ausgedehnte; sie umfaßt eine Reinigung der Kohlenstückchen, eine Mischung derselben mit einer verbindenden Substanz und die Formung dieser so erhaltenen teigartigen Masse mittelst Pressen in Stücke von passender Größe.

Die hier zur Verwendung gelangende **Steinkohle** ist am besten halbfett oder mager, und zwar benutzt man Kohlenklein und Staubkohle. Das Bindemittel ist gewöhnlich Steinkohlentheer, aber auch Pech und andere seifige, fette und harzige Substanzen werden dazu genommen.

Besteht das Hauptmaterial aus Kohlenklein, so wird dieses sorgfältig gesiebt, dann mit Theer vermischt und geformt und diese Mischung in Maschinen von sehr verschiedener Construction gepreßt, um den Kohlenziegeln eine möglichst große Festigkeit zu geben. Oder aber man nimmt Kohlenklein allein und erhitzt es bis zur Erweichung, die bei einer Temperatur von 300 bis 400° C. schon erfolgt. Bei dieser Erhitzung entwickelt sich Theer, der als Bindemittel gleich benutzt wird. Auch diese Masse wird dann in eine geeignete Form gebracht, gepreßt und vercokst.

Aus Staubkohle werden die Briquettes durch eine ganz andere Bereitungsweise gewonnen. Hier besteht das Bindemittel nicht aus Steinkohlentheer oder Pech, sondern aus einer Mischung, die aus verdorbenem Weizen- oder Roggenmehl und einem Zusatze von Soda oder Pottasche, Natron oder Kali bereitet wird. Diese Mischung wird mit Wasser zu einem Brei zusammengekocht und etwa 1% hiervon der Staubkohle beigemengt. Darauf erfolgt dann wieder eine Formung, Erhitzung und Pressung wie oben.

Auch aus **Braunkohle** kann man verschiedene neue Brennstoffe durch Pressung erhalten, die in mancher Beziehung die Braunkohle übertreffen.

Wenn man nämlich erdige Braunkohlen oder Braunkohlenklein, die sich für Rostfeuerungen wenig eignen, in ähnlicher Weise wie Staubkohle und Steinkohlenklein mit Wasser vermengt und gehörig durcharbeitet und hierauf diese Masse durch Menschen- oder besser Maschinenkraft (Preßziegelmaschine von Hertel und Exter) fest zusammenpreßt und in parallelepipedische Stücke (Braunkohlenziegel, Provinz Sachsen und Thüringen) oder in abgestumpft-kegelförmige Stücke (Klütten, Rheinprovinz) formt, so erhält man ein sehr brauchbares, hartes, fast steinkohlenartiges, festes und transportables Brennmaterial, das einen sehr hohen Heizeffect hat und sich zu Rostfeuerungen recht gut eignet.

Wenn man erdige Braunkohle zerkleinert, gehörig austrocknet und durch starke Pressen zu einer dichten, festen Masse vereinigt, d. h. Preßsteine fabrizirt, so erhält man ebenfalls ein recht brauchbares Heizmaterial. Preßsteine werden vorzugsweise in Sachsen und Anhalt fabrizirt und von dort her in den Handel gebracht. —

Die sogenannten künstlichen Steinkohlen oder Peras werden auf ganz ähnliche Weise wie die Briquettes gewonnen. Es werden nämlich backende Steinkohlenabfälle rein gewaschen und gesiebt, getrocknet und pulverisirt, warm mit 8 bis 10% Steinkohlentheer vermischt und gepreßt.

Hierher gehören auch die Patentkohlen von Wylam und Warlich.

In Frankreich wird auch vielfach Kohlenklein mit dickem Lehmwasser vermischt und diese Mischung in Ziegel von 16 cm Länge und 5 cm Breite und Höhe geformt und gepreßt. (Ein Arbeiter fabrizirt täglich 700 bis 800 Stück.) Gewöhnlich erhält das Steinkohlenklein einen Lehmzusatz von 15 bis 20%.

Die Buitton'schen Brennmaterialien, die ziemlich bekannt geworden sind, bestehen aus einer Mischung von Holzkohle,

Steinkohle, Salpeter und gebrannter Stärke. Diese Mischung ist eine verschiedene, je nachdem die Brennmaterialien für Zimmeröfen oder Küchenherde oder gewerbliche Anlagen bestimmt sind; immer jedoch ist der Procentsatz an Kohlenstoff ein hoher und zwar beträgt er 98% und der Procentsatz an Salpeter und gebrannter Stärke ein kleiner.

§ 35. Die künstlichen Brennmaterialien aus Torf, Lohe, Sägespänen u. s. w.

Die Torfziegel oder gepreßten Torfziegel entstehen aus Torf, wenn er, mit vielem Wasser vermischt, zu einem Brei verarbeitet und durch Siebe gereinigt, sodann entwässert, mit Steinkohlentheer oder Braunkohlenpech vermischt, in Ziegel geformt und künstlich getrocknet wird. Diese Torfsteine enthalten dann nur das Bitumen und haben einen ziemlich hohen Heizeffect.

Verwendet man statt des Torfes Sägespäne, extrahirte Farbenhölzer, Haidekraut, Ginster u. dergl. und verarbeitet diese Stoffe in ähnlicher Weise, so erhält man den sogenannten Lohkuchen, der auch zur Heizung dient.

Die bekannten Zündkuchen, welche zum Anheizen schwer entzündlicher Kohlen- oder Cokefeuerungen gern gebraucht werden, bestehen aus Sägespänen, die mit Harzabfällen oder Pechabfällen verkittet sind. —

Der letzte künstliche Brennstoff, welcher noch zu besprechen wäre, ist die Pariser Kohle oder die geformte Holzkohle. Dieselbe wird zumeist auf folgende Weise fabrizirt. Es wird Holzkohle und zwar Schwarzkohle grob pulverisirt, mit Steinkohlentheer vermischt und tüchtig durcharbeitet. (Der Zusatz an Steinkohlentheer beträgt durchschnittlich etwa $33\frac{1}{3}\%$.) Diese Masse wird dann in Cylindern geformt, etwa zwei Tage lang an der Luft getrocknet und schließlich in sogenannten Muffelöfen vercokst. (Statt der Holzkohle werden aber auch oft Abfallstoffe von Kohlen, sowie Torf und Sägespäne verwendet und diese

Brennstoffe unter dem Namen Pariser Kohlen in den Handel gebracht. Es sind diese aber nichts anderes als Torfbriquettes oder Steinkohlenbriquettes.*)

§ 36. Eigenschaften und Verwendungen der künstlichen Brennstoffe.

Das Vortheilhafte dieser künstlichen Brennstoffe liegt hauptsächlich darin, daß sie fester sind als ihr Hauptmaterial und sie sich wegen dieser größeren Festigkeit für weite Transporte gut eignen, daß sie im Allgemeinen gleichmäßiger, rauchloser und unter zumeist größerer Heizentwickelung verbrennen, daß sie eine für die Heizung sehr bequeme Form besitzen und verhältnißmäßig billig sind. (Wohl verstanden treffen alle die hier aufgezählten Vorzüge nicht bei jedem einzelnen künstlichen Brennstoffe zu.)

Ein Hauptvorzug liegt in dieser Fabrikation aber darin, daß Materialien, die sonst für Rostfeuerungen ungeeignet sind, wie z. B. Kohlenklein, Grus- und Staubkohlen, Lohe und Sägespäne u. s. w., auf ziemlich einfache Art und Weise in recht brauchbare Brennmaterialien umgewandelt werden, die beim Verbrennen nicht zerfallen.

Die Steinkohlenbriquettes, deren Größe und Form eine sehr verschiedene ist und die im Gewichte bis zu 8 kg vorkommen, sind sehr geeignet zu Rostfeuerungen für häusliche und technische Zwecke; sie sind sehr fest, zerfallen nicht, verbrennen vollständig und mit wenig Rauchentwickelung, verschlacken nicht den Rost und lassen sich jahrelang aufbewahren. Die Entzündung und Erhaltung des Feuers ist der leicht aufzubauenden, gleichförmigen Stücke wegen eine bequeme. In England, Belgien und namentlich in Frankreich werden die Briquettes auf Eisenbahnen in großen Mengen verwendet.

*) Ueber Petroleumbriquettes lese § 38, Schluß.

Der Preis ist ein geringer, denn 1000 Stück Briquettes kleinen Formates kosten nur 8 bis 10 Mark.

Die künstlichen Steinkohlen oder Peras haben eine ziemlich große Härte und zerbrechen nicht so leicht als die natürliche Stückkohle, auch nehmen sie einen kleineren Raum als diese ein und zwar beträgt die Raumersparniß circa $^1/_5$. Die Peras gelten namentlich in Frankreich und England für brauchbare Brennmaterialien.

Die absolute Wärmemenge der künstlichen Brennstoffe aus Steinkohlen, sowie die Verdampfungsfähigkeit erreicht niemals die der Stückkohle, man kann aber annehmen, daß 100 kg Briquettes vollständig 130 bis 140 kg Coke ersetzen.

Die Preßsteine aus Braunkohlenklein, die Braunkohlenziegel und Klütten haben eine dunklere Farbe als letzteres, färben nicht mehr ab, sind fester und eignen sich deshalb besser für weite Transporte. Da ihre Heizkraft eine ziemlich große ist, indem sie der Heizkraft der Steinkohle ziemlich nahe kommt, so ist eine Verwendung dieser künstlichen Brennstoffe aus Braunkohle zur Feuerung häuslicher, technischer und gewerblicher Feuerungsanlagen empfehlenswerth.

Die Torfziegel oder Torfbriquettes haben im durchaus trockenen Zustande eine Wärmemenge von etwa 4000 Calorien, während sie im feuchten Zustande (mit circa 20% Wasser) nur 3000 Wärmeeinheiten besitzen. Man hat bei ihnen die Bemerkung gemacht, daß sie Feuchtigkeit nicht vertragen können, sondern z. B. im Regen ganz zerfallen; es wird deshalb sehr empfehlenswerth sein, die Torfziegel, sowie alle ähnlich zusammengesetzten künstlichen Brennmaterialien, nur an trockenen und gegen Feuchtigkeit gut geschützten Orten aufzubewahren. Die Anwendung der Torfbriquettes ist eine beschränkte.

Zu den Torfbriquettes rechnet man auch schon den Preßtorf und Kugeltorf, über die wir das Nothwendigste bereits im § 22 gesagt haben.

Der Lohkuchen, d. i. Lohe in Torfform gebacken, hat eine große Flammbarkeit und wird deshalb gern dazu benutzt, um eine schnelle Verbrennung und ein lebhaftes Feuer zu erhalten. Nach Weisbach hat ein trockener Lohkuchen eine Wärmemenge von etwa 3400 Calorien, feuchter Lohkuchen mit etwa 20% Wassergehalt nur 2400 Wärmeeinheiten.

Die geformte Holzkohle oder Pariser Kohle, welche aus pulverisirter Holzkohle fabrizirt ist, hat vor der gewöhnlichen Holzkohle den Vorzug, daß sie fester ist und sich deshalb besser für weite Transporte eignet, und daß sie langsamer und gleichmäßiger verbrennt, ohne daß ihre Heizkraft eine geringere ist. Im Gegentheil wird von den Fabrikanten fest behauptet, daß sie eine größere Hitze zu erzeugen vermag als Holzkohle. Die geformte Holzkohle wird namentlich in Frankreich viel zur Heizung benutzt, während sie bei uns nur seltener Verwendung findet.

Schließlich sei noch bemerkt, daß mit der Fabrikation der Briquettes heutzutage auch noch die Darstellung von Theer zur Gewinnung von Benzol und Carbolsäure vereinigt wird.

Sechster Abschnitt.

Die flüssigen und gasförmigen Brennstoffe: Petroleum, Spiritus, Theer; Leuchtgas, Holzgas, Torfgas 2c. 2c. Ihre chemischen Zusammensetzungen, Eigenschaften und zweckmäßigsten Verwendungen.

§ 37. Das Petroleum (Erdöl).

Das Petroleum ist nichts anderes als flüssiger Kohlenwasserstoff, der sich in der Erde in allen ihren Formationen bis zur tertiären vorfindet. In allen Theilen der

Erde giebt es mehr oder minder ergiebige Petroleumquellen, so in Nordamerika namentlich in Pennsylvanien, Californien und Canada, in Südamerika in Peru, der argentinischen Republik, Bolivia und Trinidad, in Asien in China, in Rangun am Irawaddy, Kaukasus u. s. w., in Europa in Galizien (besonders in Boryslaw bei Drohobycz), in Rumänien, Italien, Frankreich und in Hannover (besonders Lüneburger Haide und in Oelheim bei Peine).

Das rohe Petroleum, wie es aus den Bohrlöchern oder Brunnen fließt, hat gewöhnlich eine dunkle, braune oder rothbraune Farbe und ist nur seltener grünlich gefärbt; es ist leichter als Wasser, denn ein Liter desselben wiegt 0,8 bis 0,9 kg. Das rohe Petroleum hat einen höchst widerlichen Geruch, besonders nach Phosphor und Schwefel, und ist meistens dickflüssig.

Das verarbeitete, destillirte oder raffinirte Petroleum ist heller, dünnflüssiger und von weniger strengem Geruch. Bei dieser Destillation des rohen Petroleums werden gewonnen:

1. Essenzen (wie z. B. Petroleumäther, Petroleumbenzin, Petroleumsprit).
2. Leuchtöle (raffinirtes Petroleum, Paraffinöl).
3. Schmieröle (Vulcanöl, Phönixöl).
4. Rückstände (Pech).

Die Hauptverwendung ist Jedermann bekannt: Petroleum rechnet man zu den vorzüglichsten Leuchtmaterialien; es ist entschieden das allerbeste Brennöl. Zum Brennen in Lampen wird das wasserhelle, gelblichweiße Petroleum genommen, welches nur mit Hilfe eines Dochtes brennt und pro Liter 0,78 bis 0,82 kg wiegt.

Das Petroleum ist bei sorgfältiger Destillation desselben ganz ungefährlich, denn es entwickelt selbst bei stärkerer Erwärmung keine brennbaren Gase. Nur Mischungen von leichten und schweren Oelen, von Leuchtölen und Schmierölen, die oftmals verkauft werden, erzeugen bei ihrer Erwärmung sehr

schnell brennbare Gase, so daß sie als gefährlich bezeichnet werden müssen.

Einen Schutz gegen Ankauf solcher gefährlichen Mischungen gewährt nur die Bestimmung der Entzündungstemperatur. Diese geschieht am einfachsten durch folgendes Experiment.

In eine mit Wasser gefüllte Schale stellt man eine keinere, die das zu untersuchende Petroleum und einen Thermometer enthält. Indem man die größere, wassergefüllte Schale über einer Spiritusflamme erwärmt, steigt auch die Temperatur des Petroleums in der kleinen Schale von Grad zu Grad. In dem Moment, wo die Petroleumdämpfe an einem darüber gehaltenen brennenden Holzspan sich entzünden, liest man an dem Thermometer die Temperatur ab. Diese Temperatur ist die Entzündungstemperatur; sie soll bei guten Erdölen etwa 50° C. betragen. — In den meisten Ländern ist die Entzündungstemperatur des in den Handel kommenden Petroleums durch Gesetz bestimmt; so z. B. darf in den Vereinigten Staaten kein Petroleum verkauft werden, das bei einer Temperatur von unter 38° C. brennbare Gase entwickelt.

Das gereinigte, ungefährliche Petroleum wird von den Fabrikanten unter dem Namen „Kaiseröl" verkauft.

Ein andres, sehr empfehlenswerthes Petroleum ist das sog. „Krystallpetroleum" oder „Krystall-Oel", das geruch- und gefahrlos verbrennt, eine farblose, klare, schwach nach Petroleum riechende Flüssigkeit ohne unorganische Bestandtheile bildet und eine Ersparniß von 20 bis 30% gewähren soll. Ein brennender Span verlöscht beim Eintauchen in ein mit dieser Flüssigkeit angefülltes Gefäß, ohne dieselbe zu entzünden.*)

*) Fabrikant: C. F. Ancker, Berlin, Friedrichstraße 3. (Preis für 10 Liter [15 Pfund] Krystallöl 2 Mark 50 Pf.)

§ 38. Das Petroleum als Heizmaterial.

Das reine Petroleum besteht im Durchschnitt aus etwa 86% Kohlenstoff und 14% Wasserstoff.

Hieraus berechnet sich die Brennkraft zu:

$$W = 34\,500\left(0{,}14 - \frac{0}{8}\right) + 7050 \,.\, 0{,}86 = 10\,893 \text{ Calorien.}$$

Dies ist das Drei= bis Vierfache der Wärmemenge des lufttrockenen Holzes.

Die theoretische Verdampfungsfähigkeit stellt sich hiernach auf $\frac{10893}{640} = 17$ kg, während reines Petroleum praktisch $\frac{17 \,.\, 60}{100} = 10$ kg Wasser von 0° C. in Dampf von 100° C. verwandeln kann, d. i. fast das Anderthalbfache von der Leistung der guten Steinkohlen.

Die Temperatur=Erzeugung des verbrennenden Petroleums ist ebenfalls eine sehr hohe, die Brennbarkeit und Flammbarkeit nicht minder, so daß das Petroleum alle die Eigenschaften besitzt, die ein gutes Heizmaterial besitzen soll.

Aus diesem Grunde ist das Petroleum auch als Heizmaterial in neuerer Zeit vielfach verwendet worden. Man hat nicht nur eiserne Kochapparate hergestellt, die mit gereinigtem Petroleum geheizt werden, sondern auch Dampfschiffe mit einer Vorrichtung versehen, so daß ihre Kessel mit Erdöl erwärmt werden können. Der Vortheil, welcher gerade für die Marine in der Verwendung des Petroleums als Heizmaterial liegt, ist ein sehr bedeutender, denn weil das Petroleum einen weit geringeren Raum einnimmt als die Kohlen (bei gleicher Wärmespendung), so kann man eine größere Quantität Brennstoff laden und also länger auf offener See bleiben, oder, falls dies nicht in der Absicht liegt, den gewonnenen Raum für andere Ladungen ausnützen.

Für diese großen Dampfkesselfeuerungen sind noch nicht alle Schwierigkeiten gehoben, um die vollkommene Verbrennung des Erdöles, die Luftzuführung u. s. w. ordentlich zu regeln, indessen haben die, im Auftrage des Kaisers Napoleon III., von Deville zahlreich angestellten Versuche zur Genüge gezeigt, daß die Heizung mit Petroleum wegen der sehr großen Wärmeentwickelung und schnellen Anheizung desselben für Kriegsschiffe und transatlantische Dampfer von sehr großem Vortheile ist.

Bei dieser Kesselheizung ist die Anordnung zum Heizen mit Petroleum gewöhnlich folgendermaßen getroffen. In einem Behälter des Feuerraums, welcher zur Vermehrung der Oberfläche mit Coke, zerkleinerten Steinen u. s. w. gefüllt ist, wird das Petroleum durch ein Rohr hineingeleitet. Das Gefäß ist oben theilweise bedeckt und läßt durch mehrere Oeffnungen oder durch einen Schlitz die Petroleumflamme austreten. Ueber dem Niveau des Petroleums geht durch das Gefäß ein durchlöchertes Rohr, durch welches Atmosphärenluft, Dampf oder Wasserstoffgas zugeführt wird, um eine Vermischung derselben mit den Petroleumdämpfen zu bewirken. — Heß empfiehlt die Zuführung von stark comprimirter Luft in das Petroleum und das Ausfließen von Luft und Petroleumdampf durch Brenner.*)

Was die Petroleum-Kochapparate anlangt, die bereits eine sehr große Verbreitung gefunden haben, so ist deren Construction mannigfaltig, denn es giebt z. B. ein Dutzend und mehr Systeme, die durch Reichspatent geschützt sind. Ebenso ist auch der Verbrauch an Erdöl ein sehr verschiedener und abhängig von dem Systeme, von der Größe des Brenners in der Lampe und der Menge der zugeführten Luft. Bei den gewöhnlichen Kochapparaten mittlerer Größe kann man den Verbrauch an Petroleum pro Flamme und

*) Siehe Strott, Ueber Heizmaterialien, Seite 39.

Stunde mit 1 bis 2 Pfennige annehmen. Demnach ist das Kochen mit Petroleum ein sehr billiges; da aber auch die Erwärmung der Speisen und Getränke schnell und leicht und ein Petroleumkocher sauber und bequem ist, so kann er, namentlich kleineren Haushaltungen, nicht dringend genug empfohlen werden.

Zu den neueren, sehr empfehlenswerthen und höchst praktischen Petroleum-Kochapparaten gehört auch der Patentkocher von Kleinschewsky,*) der bequeme Handhabung der Lampe, bequemes Anzünden, geregelte Luftzuführung, große Heizkraft und Geruchlosigkeit bietet.

Ist die Luftzuführung der Flamme gut geregelt, so ist die Heizkraft des Petroleums, wie gesagt, eine sehr hohe. Die Größe derselben kann man an der Farbe der Flamme leicht erkennen, denn eine hohe und weiße Flamme erzeugt die intensivste Hitze, eine rothe eine niedrigere Temperatur. (Siehe auch § 48.)

Zum Heizen der Stubenöfen und Kamine scheint sich Petroleum weniger zu eignen, weil alle bisher gemachten Versuche kein befriedigendes Resultat ergeben haben. Auch ist es für diesen Zweck viel zu theuer. Wollte man Erdöl zur Zimmerheizung verwenden, so würde eine eigene Ofenconstruction (ähnlich wie bei der Gasheizung) nothwendig sein.

Solaröl, Photogen u. s. w., die zwar als Leuchtmaterialien von Werth sind, eignen sich zum Heizen nicht.

Schließlich muß noch bemerkt werden, daß man auch die Fabrikation von Petroleumbriquettes vorgeschlagen hat; nach Wall sollen dieselben aus Petroleum und Staubkohlen bestehen.

---

*) Erfinder: H. Kleinschewsky, Berlin, Neue Jakobstraße 6.

§ 39. Der Spiritus.

Eine weit geringere Bedeutung von den flüssigen Brennstoffen hat der Spiritus, der als Heizmaterial eine sehr beschränkte Verwendung findet.

Im Haushalte werden mit ihm nur noch hier und da die Kaffee- und Theemaschinen erhitzt, aber wegen der sehr großen Entzündlichkeit und Gefährlichkeit des Spiritus, der manches Brandunglück schon hervorgerufen, und wegen seines hohen Preises kann er selbst zu diesen kleinen Heizungen nicht empfohlen werden, vielmehr wird hier eine Verwendung von Petroleum oder Gas zweckmäßiger erscheinen.

In früherer Zeit, als man Steinkohlen und Petroleum nicht so allgemein verwendete wie jetzt, hat man versucht, mit Spiritus auch Stubenöfen zu heizen, und eigene Ofenconstructionen ersonnen und erbaut (die bekannten Schnellöfen), mit denen man eine möglichst schnelle Erwärmung von Wohnräumen zu erhalten strebte. Aber diese unpraktischen Oefen sind ganz außer Gebrauch gekommen, da die mächtig fortschreitende Technik zur Erreichung desselben Zieles weit billigere und einfachere Mittel und Wege ersonnen.

Da die Spiritusflamme eine sehr intensive Hitze und keinen Ruß erzeugt, so erscheint der Spiritus ganz besonders geeignet zum Heizstoff in der Chemie und Pharmazie. Man kann diese Hitze noch um ein Bedeutendes erhöhen, wenn man die Flamme mit einem, gewöhnlich rechtwinkelig gebogenen, etwas conisch zulaufenden Metallrohre, dem bekannten Löthrohre, anbläst. Während früher die Spiritusflamme in Verbindung mit Löthrohr vom Chemiker einzig und allein bei Erzeugung hoher Wärmeeffecte benutzt wurde, ist der Spiritus heute auch bei den chemischen Arbeiten von einem bedeutend billigeren und bequemeren Brennstoff, dem Gas, verdrängt worden, das fast in allen größeren Laboratorien allein zur Heizung u. s. w. benutzt wird.

Als Leuchtmaterial, vermischt mit Terpentinöl, wurde er früher in den sogenannten Spiritusgaslampen viel verbraucht, jetzt gar nicht mehr. Dagegen benutzt man den Spiritus bei kleinen Maschinenmodellen, beweglichen Spielzeugen u. s. w. gern als bewegende Kraft.

Da die chemische Zusammensetzung des Spiritus sehr variirt, so ist auch die Brennkraft desselben eine sehr verschiedene. Man kann annehmen, daß Spiritus im Mittel 7200 Calorien besitzt und daß er hiernach theoretisch etwa 11 kg, praktisch etwa 7 kg Wasser in Dampf umwandelt, d. h. etwa das gleiche Wasserquantum als die mittelgute Steinkohle.

Die Hauptverwendung des Spiritus ist Jedermann bekannt.

§ 40. Der Theer.

Wie wir bereits im ganzen vorigen Abschnitte erfahren haben, bildet hauptsächlich der bei der Verkohlung von Holz, Torf und ganz besonders Kohlen, sowie bei der Gasfabrikation gewonnene Theer das Hauptbindemittel fast aller künstlichen Brennmaterialien. Der Theer ist somit ein wesentlicher Bestandtheil derselben und kann allein schon als solcher mit zu den Brennstoffen gerechnet werden, umsomehr, als er wesentlich zur Erhöhung des Heizwerthes der künstlichen Brennmaterialien beiträgt. Schon frühzeitig wurden indessen auch mit Theer allein Heizversuche unternommen, die allerdings nicht befriedigen konnten. In neuerer Zeit ist jedoch auch Theer ohne die bekannten Zusätze von Steinkohlen-, Braunkohlen-, Coke- und Torfpulver, von Lohe, Sägespänen und dergleichen mit Erfolg zur Erhitzung von Gasretorten benutzt worden und scheint er noch eine Zukunft als Brennmaterial zu haben.

Fleury in Philadelphia bringt den Theer als Brennmaterial in folgender, höchst interessanter Weise zur Verwendung. Er sättigt poröse Thonkugeln mit Steinkohlentheer

und trocknet sie. Werden dieselben nun im Ofen entzündet, so brennt der Theer heraus und das Glühen der Thonkugeln, das anfänglich einen Theil der Wärmemenge absorbirt, trägt dazu bei, daß auch der Theer in den Poren vollständig herausbrennt.

Die aus dem Theer bereiteten Leuchtöle sind hier und da auch zur Heizung kleinerer Feuerungsanlagen, ähnlich wie Petroleum, benutzt worden, doch nur mit geringem Erfolge.

§ 41. Das Gas.

Wenn man Kohlen, Holz und Torf bei Luftabschluß erhitzt, so entwickeln sich außer Dämpfen auch Gase. Diese Gase, welche nach den verwendeten Brennmaterialien unterschieden werden in Steinkohlengas, Holzgas, Torfgas u. s. w., bestehen im Wesentlichen aus:

36 bis 40 % Sumpfgas (Grubengas oder Methylwasserstoff),
40 bis 50 „ Wasserstoffgas,
8 bis 10 „ Kohlenoxydgas,
bis 5 % Stickstoff, Sauerstoff und Kohlensäure,
„ 5 „ ölbildendem Gas (sog. Elayl).

Letzterem verdankt das Gas seine Leuchtkraft.

Aber auch aus Oel, Petroleum, Theer, Fett und Harz läßt sich ein ganz gutes und brauchbares Gas fabriziren (Petroleumgas, Paraffinölgas u. s. w.), wogegen die Braunkohle sich zur Gasbereitung weniger eignet und nur geringwerthiges Gas erzeugt.

Die Gasausbeute ist schwankend und kann man im Durchschnitt annehmen, daß 1000 kg

Holz	etwa	400	cbm	Gas,	
Torf	„	250	„	„	
mittelgute Steinkohle	„	280	„	„	
Samenöl	„	1500	„	„	
Paraffinöl	„	600	„	„	
Petroleum	„	980	„	„	liefern.

Das aus diesen Materialien gewonnene Gas ist mehr oder minder leuchtend. Das weniger leuchtende Gas brennt ohne Ruß und eignet sich deshalb besser zum Heizen und Kochen als das hellleuchtende und rußerzeugende. Dieses wenig leuchtende Gas brennt mit blauer Flamme.

Das Heizgas, wohl zu unterscheiden vom gewöhnlichen, unreinen Leuchtgas, das hauptsächlich als Beleuchtungsmaterial Verwendung findet, kann auf verschiedene Weise gewonnen werden.

Das durch die Methode von Prince fabrizirte, sogenannte Wassergas, bei welcher Wasserdämpfe über glühende Holzkohlen und Steinkohlencoke geleitet werden, eignet sich, da es gewöhnlich rein ist, besonders zum häuslichen Gebrauche. Es besteht fast nur aus Wasserstoff und Kohlenoxyd und brennt mit wenig leuchtender, blauer Flamme.

Das bei der trockenen Destillation erzeugte Leuchtgas muß, falls es als Heizungsmaterial verwendet werden soll, erst durch sorgfältige Reinigung von etwaigen Schwefelverbindungen befreit werden, damit sich beim Verbrennen keine schwefelige Säure entwickelt. Das so gereinigte Leuchtgas aus Steinkohle besteht dann aus 10% Elayl, 41% Grubengas, 40% Wasserstoffgas, 6½% Kohlenoxydgas, 2% Sauerstoff und Stickstoff und 0,5% Kohlensäure und hat im Durchschnitt ein spezifisches Gewicht von 0,4 bezogen auf atmosphärische Luft.

Auch das Leuchtgas wird hauptsächlich zur Heizung häuslicher Feuerungsanlagen (Gaskocher u. s. w.) benutzt.

Für technische und gewerbliche Zwecke empfiehlt sich mehr das Gichtgas oder Hochofengas, welches aus einer Mischung von Wasserstoff, Kohlenwasserstoff, Stickstoff und Kohlensäure besteht und hauptsächlich Kohlenoxydgas enthält.

Man gewinnt das Gichtgas entweder direct aus den Schacht- und Hochöfen, Puddel- und Flammöfen u. s. w., oder

bereitet sich dasselbe dadurch, daß man atmosphärische Luft, sogenannte Gebläseluft, über glühende Holzkohlen oder Cokestücke leitet.

Das Kohlenoxydgas, der Hauptbestandtheil des Gichtgases, entsteht dadurch, daß beim Verbrennen des Kohlenstoffes sich Kohlensäure bildet, welche, indem sie die glühenden Kohlenschichten durchstreicht, Sauerstoff an dieselbe abgiebt und somit in Kohlenoxydgas übergeht; es bildet sich dieses Gas dann ganz besonders reichlich, wenn die Kohlen unter ungenügendem Luftzutritt verbrennen.

Die Anwendung des Gichtgases beschränkt sich hauptsächlich auf Feuerungen, die sich in unmittelbarer Nähe der Gewinnungsstellen befinden.

Am meisten wird jedoch in der Technik das dritte Heizgas, das Generatorgas, zur Heizung benutzt, das aus einer Mischung von Leuchtgas und Gichtgas besteht und durch eine unvollkommene Verbrennung, d. h. eine Art von Verkohlung fester Brennstoffe, wie z. B. Kohlen- und Torfabfälle, Rinden und Sägespänen u. s. w. in schachtförmigen Oefen (Generatoröfen) gewonnen wird. Der Hauptbestandtheil ist auch hier neben dem unverbrennlichen Stickstoff der Luft das brennbare Kohlenoxydgas.

Die chemischen Zusammensetzungen dieser Generatorgase sind nach Scherer's Untersuchungen in folgender Tabelle zusammengestellt.

11. Tabelle.

Material, aus dem das Generatorgas hergestellt ist	Stickstoff	Kohlenoxydgas	Kohlensäure	Wasserstoffgas
	in %			
Holz	53,2	34,5	11,6	0,7
Rinde	55,2	21,2	20,0	1,3
Torf	63,1	22,4	14,0	0,5
Holzkohle	64,9	34,1	0,8	0,2
Steinkohlencoke . . .	64,8	33,8	1,3	0,1

Die Generatorgase werden hauptsächlich bei solchen Feuerungen angewendet, welche namentlich die Erzeugung einer großen Hitze und eine rauchlose Flamme erfordern, also vorzugsweise bei Puddelöfen, Flammöfen, Schweißöfen, Glasöfen und Porzellanöfen. Aber auch für Feuerungen, bei denen eine Rauchentwickelung keinen besonderen Schaden verursachen würde, also bei Oefen der Kalkbrennerei und der Thon- und Ziegelfabrikation, bei Dampfkesselfeuerungen u. s. w., sind diese Gase geeignet, doch weniger oft verwendet worden. Hierzu benutzt man lieber die Gichtgase, die auch zur Zimmerheizung brauchbar sind.

§ 42. Einiges über Heizung mit Leuchtgas.

Das Leuchtgas, wie es die Gasfabriken bereiten, hat mehr oder weniger schweflige Bestandtheile, die sich für Heizungszwecke nicht besonders eignen. Trotzdem wird dieses unreine Leuchtgas in neuerer Zeit des bequemen Bezuges wegen im Kleinen sehr viel, im Großen allerdings seltener zum Heizen und Kochen verwendet. Die ziemlich hohen Beschaffungskosten desselben sind einer allgemeineren Einbürgerung des Gases als Heizmaterial entgegen, doch ist für die Zukunft eine ausgedehntere Anwendung wohl anzunehmen.

Das gereinigte Leuchtgas, das frei von einem Schwefelgehalt ist, gewährt ein besseres Heizungsmaterial und ist dem unreinen Leuchtgas entschieden vorzuziehen.

Um eine möglichst intensive Hitze durch verbrennendes Gas zu erzielen, muß dasselbe vorher mit so viel atmosphärischer Luft vermischt werden, daß es bei seiner Verbrennung eine blaue Flamme zeigt. Es empfiehlt sich, diese zugeführte Luftmenge ebenso groß zu nehmen als die Gasmenge selbst beträgt, d. h. Luft und Gas zu gleichen Raumtheilen mit einander zu ver-

mischen, und es ist ganz besonders darauf aufmerksam zu machen, daß eine zu große Luftzuführung Gefahren in sich schließt, indem z. B. drei Theile Luft mit einem Theil Gas ein explosives Gemenge geben.

Bei den kleineren Kochmaschinen, die mit Gas erwärmt werden, den bekannten Gaskochern, geschieht diese Luftzuführung entweder durch Bunsen'sche Röhrenbrenner oder durch Siebapparate (Drahtnetzbrenner), bei den größeren Feuerungsanlagen und z. B. in chemischen Laboratorien bedient man sich hierzu der Gebläsehähne.

Der Verbrauch beim Kochen ist ein mäßiger. Man rechnet gewöhnlich, daß zur Erhitzung von einem Liter Wasser bis zum Sieden, falls das Gefäß so steht, daß sein Boden überall von der Gasflamme berührt werden kann, etwa 30 Liter (0,03 cbm) Gas erforderlich sind und, um das Wasser im Sieden zu erhalten, etwa 10 bis 15 Liter pro Stunde. Hiernach würde eine Familie von sechs Personen z. B. zum Kochen einen täglichen Gasconsum von 3 bis 6 cbm nöthig haben. Da nun ein Cubikmeter Leuchtgas im Durchschnitt mit etwa 20 Pfennigen bezahlt werden muß, so würde das Kochen dieser Familie täglich 60 bis 120 Pfennige kosten, dafür kann sie aber schon 1 bis 2 Centner gute Steinkohlen erhalten, mit denen sie gewiß länger reicht als einen einzigen Tag.

Die Erwärmung von Wohnräumen durch Leuchtgas ist weniger verbreitet, obwohl der Consum an Gas hierbei nicht groß ausfällt, denn man rechnet zur Heizung von sehr hohen Räumen (z. B. Kirchen und Theatern) pro 1000 cbm Raum und pro Stunde 3 cbm Gas, für kleinere und niedere Räume entsprechend weniger.

Besonders solche Räume, die weniger oft benutzt werden, also Kirchen, Theater, Concertsäle, sowie auch größere Restau-

rationen und Conditoreien, Rathhäuser, Museen und Bibliotheken u. s. w. werden ganz zweckmäßig eine Gasheizung erhalten können.

Für solche Gasheizungen sind eigene Oefen construirt worden, in denen aber ein anderer Brennstoff nicht verbrannt werden kann. Solche Gasöfen sind in verschiedenen Systemen hergestellt und sind als die besten die von Siemens und von Elsner zu nennen; beide Herren sind auf dem Gebiete der Gasheizung Autoritäten.

Schnelle Entzündung der Gasflamme und schnelle Erwärmung des Raumes, große Reinlichkeit und Einfachheit, elegantes Aussehen und ein mäßiger Preis —, das sind die Vortheile dieser Gasöfen, deren allgemeinere Einführung sehr zu wünschen ist.

Von der recht ausgedehnten Anwendung der übrigen Heizgase haben wir bereits im vorigen Paragraphen gesprochen und uns bleibt nur noch übrig mitzutheilen, daß das Gas ähnlich wie das Petroleum eine sehr große Brennkraft hat und zwar die größte, welche überhaupt ein Brennstoff besitzt, nämlich nicht weniger als 12000 bis 13000 Wärmeeinheiten, so daß 1 kg Gas theoretisch etwa 19 bis 20 kg, praktisch etwa 12 kg Wasser verdampft.*)

Der pyrometrische Wärmeeffect des Gases ist ebenfalls der höchste von allen Brennstoffen. (Siehe § 48.)

Die Benutzung des Gases zur Bewegung kleiner Maschinen, der Gaskraftmaschinen, sowie zur Füllung der Luftballons dürfte Jedermann bekannt sein.

---

*) Sumpfgas umfaßt 13 000, Elaylgas 11 800 Calorien.

Siebenter Abschnitt.

Außergewöhnliche Feuerungsmaterialien: Brennberge, Stroh, Mist, Fett.

§ 43. Die Brennberge oder bituminösen Schiefer.

Die sogenannten Brennberge bestehen aus Sandstein oder Schieferthon und finden sich bei Steinkohlen- oder Braunkohlenflötzen vor. Mit der Kohle werden sie losgesprengt und gewonnen und, weil sie sehr häufig einen Kohlenstoffgehalt von 50% und mehr enthalten, so werden sie auch wohl zum Heizen von Stubenöfen, Kaminen und Küchenherden, ja hier und da sogar auch zur Dampfkesselfeuerung benutzt; — namentlich geschieht dies in den Gegenden häufiger, wo sich Kohlenbergwerke befinden und wo also die Brennberge sehr billig zu haben sind.

Man nennt sie auch bituminöse Schiefer- und Thongesteine und benutzt sie hauptsächlich zur Mineralölgewinnung und Gasfabrikation. Als die bekanntesten bituminösen Schiefer sind zu nennen:

1) Der Posidonienschiefer in Würtemberg, welcher 9,63% Theer, 8,33% ammoniakalisches Wasser, 69,68% Rückstand und 12,36% Gas enthält.

2) Der Blätterschiefer vom Rhein mit 20% Theer, der 32½% Photogen, 6⅓% Solaröl und 51¼% Paraffinmasse ergiebt.

3) Die bituminösen Schiefer von Bruchsal, Bielefeld, dem Siebengebirge, Hessen u. s. w.

Die von uns schon früher (in den §§ 28 und 30) aufgeführte Bogheadkohle wird von einigen Chemikern zwar für Steinkohle, von anderen dagegen für einen bituminösen Schiefer gehalten und von diesen „Kohlenschiefer“ auch genannt. Sie enthält 70,1% flüchtige Stoffe, 10,13% Kohlenstoff (in der Coke) und 19,6% Asche und dient hauptsächlich zur Gasfabrikation.

§ 44. Das Stroh.

In einigen Gegenden des russischen Reiches wird Stroh sehr viel und oft ausschließlich zur Feuerung benutzt, indem man es in feste Bündel zusammengepackt in den Feuerraum bringt. Ganz besonders soll sich hierzu das Stroh des Kubankaweizens, sowie Mohnstangen, Maislischen, Heu, Schilf u. s. w. eignen. In unserem Vaterlande dagegen wird Stroh nicht zu den Brennmaterialien gerechnet und nur beim Anwärmen neuer Schornsteinanlagen zur Feuerung benutzt.*)

§ 45. Der Mist.

Zu den außergewöhnlichen Brennmaterialien muß auch der Thiermist gerechnet werden, der zwar in Deutschland nur selten zur Feuerung, sondern hauptsächlich nur als Düngemittel benutzt wird.

Allein in einigen Gegenden, wo Holz und Torf in weitem Umkreise nicht vorhanden und andere Brennmaterialien von den armen, in sehr dürftigen Verhältnissen lebenden Leuten nicht angeschafft werden können, wie z. B. in Ostpreußen im Weichseldelta, wird der Kuhmist sorgfältig gesammelt, getrocknet und in einem überdachten Raume aufbewahrt und gegen Nässe geschützt. Es soll dann der Kuhmist, wie uns aus jener Gegend versichert wird, nicht das schlechteste Brennmaterial sein.

Bücker berichtet uns, daß man sich auch in Rußland des Mistes als Brennstoff bedient, indem man ihn dort preßt, feststampft, formt und im getrockneten Zustand verbrennt. Der Heizeffect des Mistes ist nach seinen eigenen Beobachtungen kein geringer, zumal wenn Kubankaweizen oder Mais dem Rindvieh zur Streu gedient hat.

---

*) Siehe Dr. Grothe „Die Brennmaterialien und die Feuerungsanlagen", S. 171.

In anderen Welttheilen wird der Mist von civilisirten und uncivilisirten Völkern dagegen häufig als Feuerungsmaterial benutzt. So z. B. verbrennen die Aegypter und Araber den Kameelmist, die Chilenen und Peruaner den Mist des Lama, die Inder den Elephantenmist ꝛc.

§ 46. Das Fett.

Wie wir bereits im § 41 bemerkten, entwickelt auch das Fett, wenn es bei Abschluß von Luft erhitzt wird, brennbare Gase. Diese Gase verbrennen mit einer hellen Flamme und können wie das aus Steinkohlen gewonnene Leuchtgas auch zum Kochen und Heizen benutzt werden. Wird das Fett an der Luft erhitzt, so entzündet es sich und verbrennt mit leuchtender Flamme, die etwas Ruß erzeugt. Die hierbei entwickelte Wärmemenge ist keine geringe, denn sie enthält ca. 9000 Calorien. (Das Fett besteht nämlich aus etwa $76\frac{1}{2}\%$ Kohlenstoff, 12% Wasserstoff und $11\frac{1}{2}\%$ Sauerstoff.) Aus diesem Grunde könnte man mit Fett auch heizen. Wenn nun auch in unseren Ländern dasselbe nicht zu den Brennmaterialien mitgerechnet wird, weil man es bei uns hauptsächlich und besser zur Fabrikation guter Leuchtmaterialien (z. B. Stearinkerzen), zur Nahrung, zu Arzneimitteln u. s. w. verwendet, so ist doch in anderen Ländern hier und da mit Fett geheizt worden, namentlich mit schlechtem, ranzigem Fett, für das man keine bessere Verwendung fand.

Als Curiosum möge schließlich die Mittheilung dienen, daß man beispielsweise auch einige Mississippidampfer bei Gelegenheit einer Wettfahrt, nach Gerstäcker's Mittheilungen, mit — Schinken geheizt hat! —

Achter Abschnitt.

Vergleiche in Bezug auf Brennkraft, Verdampfungsfähigkeit, Heizkraft und Luftverbrauch, Flammbarkeit, Brennbarkeit und Preis. Bestimmung des Brennwerthes. Welches ist das beste Brennmaterial?

§ 47. Vergleiche in Bezug auf Brennkraft und Verdampfungsfähigkeit.

Nachdem sämmtliche natürlichen und künstlichen Brennmaterialien im Vorhergehenden mit gewiß genügender Ausführlichkeit von uns besprochen worden sind, wollen wir nunmehr versuchen, durch sorgfältige Vergleiche festzustellen, welche Brennmaterialien als die zweckmäßigsten in jeder Beziehung angesehen werden können.

Bei diesen Vergleichen müssen wir uns zunächst eine ideale Feuerungsanlage zu Grunde gelegt denken d. h. eine, auf welcher alle Brennmaterialien zur vollkommenen Verbrennung gelangen können. Sodann wollen wir nur die Hauptbrennstoffe, also Holz, Holzkohle, Torf, Torfkohle, Steinkohle, Braunkohle, Coke, Petroleum und Gas mit einander vergleichen, weil die übrigen von uns besprochenen theils aus diesen fabrizirt sind, wie z. B. die künstlichen Brennmaterialien, theils von geringerer Bedeutung sind wie z. B. der Spiritus und die außergewöhnlichen Brennstoffe. Auch können wir hier nur Brennmaterialien von mittelguter Beschaffenheit in Betracht ziehen.

Zunächst interessiren uns die Vergleiche in Bezug auf die absolute Wärmemenge (Brennkraft), auf die Verdampfungsfähigkeit und die Heizkraft (den pyrometrischen Wärmeeffect), welche von einem Kilogramm eines Brennmateriales ausgeübt wird.

Wie man aus der chemischen Zusammensetzung der Brennstoffe die Brennkraft findet und berechnet, das haben wir bereits im § 7 mitgetheilt, ebenso auch, wie dann aus dieser absoluten Wärmemenge die Verdampfungsfähigkeit berechnet wird.

Wir wiederholen, daß nach sehr genauen Versuchen von Brix, Karmarsch u. A. zur Verwandlung von 1 kg Wasser von 0° in Dampf von 100° C. etwa 640 Wärmeeinheiten (genauer 637 Calorien) nöthig sind und daß man nach Regnault die Anzahl der Wärmeeinheiten, welche die Verdampfung von 1 kg Wasser von 0° C. in Dampf von t° C. gebraucht, berechnet nach der Formel:

$$\mathbf{W = 606{,}5 + 0{,}305 \,.\, t} \text{ Calorien.}$$

Ist $t = 100°$ C., so ergiebt sich $W = 606{,}5 + 30{,}5 = 637$ Calorien (rund 640), ist $t = 150°$ C., so $W = 606{,}5 + 45{,}75 = 652{,}25$ Calorien (rund 652).

Wenn wir also mit 640 (bezw. 652) in die absolute Wärmemenge oder Brennkraft hineindividiren, so erhalten wir die theoretische Verdampfungsfähigkeit des betreffenden Brennmaterials. Die praktisch erreichbare ist wegen der Unvollkommenheit unserer Feuerungsanlagen eine geringere und beträgt erfahrungsgemäß nur 60% von der theoretischen Verdampfungsfähigkeit; wenn wir also die theoretische Verdampfungsfähigkeit mit $\frac{6}{10}$ multipliciren, so erhalten wir die praktische (auch aus der Brennkraft, wenn wir sie durch 1067 dividiren).

Ist nur die Verdampfungsfähigkeit angegeben und will man daraus die Brennkraft ermitteln, so hat man die erstere mit 640 bezw. mit $\left(640 \,.\, \frac{10}{6}\right)$ zu multipliciren.

Die Größe der absoluten Wärmemenge und der Verdampfungsfähigkeit mittelguter Brennmaterialien haben wir bei den einzelnen Brennstoffen stets angegeben, vergleichshalber wollen wir dieselbe indessen noch einmal in folgender Tabelle zusammenstellen.

12. Tabelle.

Brennstoff	Brennkraft in Calorien (abgerundet)	1 kg Brennstoff verwandelt kg Wasser von 0° C. in Dampf von 100° C.	
		theoretisch	praktisch
1. Holz (trockenes) . .	3 700	5,8	3,5
2. Holzkohle	7 000	10,94	6,56
3. Torf (trockener) . .	3 800	5,94	3,56
4. Torfkohle	6 000	9,4	5,6
5. Steinkohle	7 400	11,6	7,0
6. Braunkohle	5 000	7,8	4,7
7. Coke	6 400	10,0	6,0
8. Petroleum	11 000	17,2	10,3
9. Gas	12 000	18,75	11,25

Hiernach ist die Brennkraft und die Verdampfungsfähigkeit beim Gas die höchste, bei Torf und Holz die geringste und es stellt sich die Reihenfolge:

1. Gas.
2. Petroleum.
3. Steinkohle.
4. Holzkohle.
5. Coke.
6. Torfkohle.
7. Braunkohle.
8. Torf.
9. Holz.

§ 48. Vergleiche in Bezug auf Heizkraft und Luftverbrauch.

Die Heizkraft oder der pyrometrische Wärmeeffect der Brennmaterialien d. h. der bei der Verbrennung der Brennmaterialien erzeugte Temperaturgrad der Wärme ist

sehr verschieden. Er ist abhängig von der Zeit und dem Raume, in welchem die Verbrennung stattfindet, von dem Feuchtigkeitsgehalt des Brennstoffes und der Größe der dem Feuerraume zugeführten Luftmenge.

Je mehr Brennmaterial in einer bestimmten Zeit verbrennt, je kleiner der Raum ist, in dem die Wärmeentwickelung vor sich geht, je weniger Wassergehalt der Brennstoff besitzt und je mehr die Zuführung der Atmosphärenluft geregelt ist, desto höher ist der Grad der Verbrennungstemperatur, der noch durch Anwendung von Gebläsen bekanntlich wesentlich gesteigert werden kann.

Auch hängt die Temperatur von der specifischen Wärme (siehe § 5) des Brennstoffes ab, d. h. von der mehr oder weniger großen Fähigkeit desselben, seine Temperatur bei der Wärmeaufnahme zu erhöhen.

Was nun zunächst die Luftmenge anlangt, welche dem verbrennenden Stoffe zugeführt werden muß, um eine vollständige Verbrennung herbeizuführen, so wird dieselbe am einfachsten aus der elementaren Zusammensetzung des betreffenden Brennstoffes berechnet. Aehnlich wie bei der absoluten Wärmemenge der Brennmaterialien hat Redtenbecher auch hierfür eine empirische Formel gebildet, welche lautet:

$$(1) \qquad L = 12{,}2 . C + 38{,}1 \left(H - \frac{O}{8}\right) \text{ in kg},$$

hierin bedeutet wiederum C den Kohlenstoffgehalt, H den Wasserstoffgehalt und O den Sauerstoffgehalt pro 1 kg des Brennmateriales. Aus dieser Formel ist schon zu sehen, daß der Luftverbrauch wächst mit wachsendem Wasserstoffgehalt und abnimmt mit wachsendem Sauerstoffgehalt, weil im letzteren Falle das zweite Glied der Summe kleiner wird. Das erste Glied derselben ist allein abhängig vom Kohlenstoffgehalt des

Brennmateriales und wächst mit diesem, daher werden die Kohlen eine größere Luftzuführung benöthigen zu ihrer vollständigen Verbrennung als z. B. Holz und Torf.

Da nun 1 cbm Luft bei 0° Temperatur etwa 1,3 kg wiegt, so können wir auch diese Formel leicht so umformen, daß ihr Resultat uns die Luftmenge in Cubikmetern (statt in Kilogrammen) angiebt.

Dieselbe lautet alsdann:

$$L = \frac{12{,}2\,C + 38{,}1\,.\left(H - \frac{O}{8}\right)}{1{,}3} \text{ oder:}$$

$$(2) \qquad L = 9{,}4\,C + 29{,}3\left(H - \frac{O}{8}\right) \text{ in cbm.}$$

Nach Formel (1) und (2) wollen wir beispielsweise die zur vollständigen Verbrennung von 1 kg trockenem Holz erforderliche Luftmenge berechnen. Im Durchschnitt hat Holz (nach § 8) 50% Kohlenstoff, 6,25% Wasserstoff und 43,75% Sauerstoff; setzen wir diesen Werth zunächst in Formel (1) ein, so erhalten wir:

$$L = 12{,}2\,.\,0{,}50 + 38{,}1\left(0{,}0625 - \frac{0{,}4375}{8}\right) \text{ d. i.}$$

$L = 9$ kg Luft.

Formel (2) ergiebt:

$$L = 9{,}4\,.\,0{,}50 + 29{,}3\left(0{,}0625 - \frac{0{,}4375}{8}\right) = 7 \text{ cbm Luft.}$$

Führen wir dieselbe Rechnung auch für alle anderen Hauptbrennstoffe mittlerer Qualität durch, so erhalten wir folgende 13. Tabelle:

1. Holz	9	kg	oder	7	cbm	Luft
2. Holzkohle	9,68	"	"	7,46	"	"
3. Torf	6,48	"	"	5	"	"
4. Torfkohle	6,5	"	"	5	"	"
5. Steinkohle	12,0	"	"	9,23	"	"

6. Braunkohle	8,15 kg	oder	6,28	cbm	Luft
7. Coke	12,22	„	„	9,5	„	„
8. Petroleum	15,8	„	„	12,18	„	„
9. Gas etwa	20,0	„	„ etwa	15	„	„

Für gewöhnliche Feuerungen, bei denen ein Ueberschuß an Luft zugeführt wird, ist (nach des Ingenieurs Taschenbuch) anzunehmen:

14. Tabelle.

Brennstoff	L (in cbm)	F (in cbm)
1. Holz (stark gedörrt)	9,4	10,0
2. Holz (mit 20% Wasser)	6,5	7,5
3. Holzkohle	14,2	14,2
4. Torf mit 5% Asche ganz trocken . .	11,5	12,3
5. Torf mit 20% Asche	8,0	8,6
6. Torfkohle (mit 15—20% Asche) . .	14,2	14,2
7. Coke, ganz trocken und rein	17,2	17,2
8. Coke, gewöhnliche mit 20% Asche. .	15,0	15,0
9. Gascoke	16,0	18,0
10. Steinkohlen im Mittel	16,5	17,4

In dieser Tabelle bedeutet L die der Verbrennung zuzuführende Luftmenge, F die Menge der durch den Schornstein abzuführenden Luft, beide auf 0° reducirt.

Sind die Temperaturen von L und F andere, z. B. t°, so hat man obige Werthe noch mit $1 + 0{,}00367 \cdot t^{\circ}$ zu multipliciren. Für F kann man gewöhnlich 200 bis 300° in Rechnung setzen und bei vollkommeneren Feuerungsanlagen, die eine gute Verbrennung der Brennmaterialien gewährleisten, 150°.

Im letzteren Falle würde also die Luftmenge, welche bei

der Verbrennung von 1 kg gedörrtem Holze durch den Schornstein abzuführen wäre, betragen

$$F = 10\,(1 + 0{,}00367 \,.\, 150) = 15{,}5 \text{ cbm}.$$

Ist der Luftüberschuß ein sehr großer, so wird zwar eine vollständige Verbrennung, so weit sie die Feuerungsanlage zuläßt,*) erreicht, aber die Menge der Verbrennungsgase nimmt zu und dadurch die Verbrennungstemperatur ab.

Man nimmt in der Regel an, daß die atmosphärische Luft das brennende Feuerungsmaterial im Mittel mit einer Geschwindigkeit von **einem** Meter pro Secunde durchzieht.

Die Heizkraft oder der pyrometrische Wärmeeffect eines Brennmateriales wird gewöhnlich durch das Pyrometer ermittelt und zwar am einfachsten dadurch, daß man ein, in eine enge Röhre auslaufendes Platingefäß, dessen cubischen Inhalt man kennt, der zu messenden Temperatur aussetzt und dann ins Wasser wirft. „Durch die Abkühlung zieht sich," sagt Strott,**) „die in dem Gefäße befindliche Luft zusammen und gestattet dem Wasser den Eintritt durch die enge Röhre. Aus der Menge des eingedrungenen Wassers läßt sich die Ausdehnung, welche die Luft erlitten, und daraus die Temperatur, der sie ausgesetzt war, berechnen.

Das Platingefäß habe z. B. 30 cbcm Inhalt und sich bei der Abkühlung mit 24 cbcm Wasser gefüllt, so sind jetzt noch in dem Gefäß 6 cbcm Luft. Diese füllten in der Hitze den Raum von 30 cbcm, hatten also eine Vergrößerung erfahren,

*) Wir haben schon mehrfach bemerkt, daß eine vollständige Verbrennung durch unsere noch unvollkommenen Feuerungsanlagen niemals erreicht wird, denn anstatt der Kohlensäure bildet sich bei der Verbrennung auch Kohlenoxydgas und ein Theil des Kohlenstoffes setzt sich als Ruß ab, was beides eine Temperaturverminderung bewirkt.

**) Ueber Heizmaterialien u. s. w., S. 15.

welche das Vierfache ihres Volumens betrug. Wenn sich die Luft um $\frac{11}{30}$ ihres Volumens ausdehnt, so ist ihre Temperatur um 100° C. höher geworden, vergrößert sich die Luft um das Vierfache ihres Volumens, so ist ihre Temperatur

$$\frac{4 \,.\, 100 \,.\, 30}{11} = 1091^{\circ} \text{ C.}$$

höher als die, welche jetzt das Wasser hat." —

Kennt man die Brennkraft (W) eines Heizstoffes und seinen Luftverbrauch (L), so kann man auch den Temperaturgrad der Verbrennungsgase leicht nach einer Formel berechnen, die auch Redtenbecher aufgestellt hat und folgendermaßen lautet:

$$T = t^{\circ} + \frac{W}{0{,}237\,(L + 1)} \text{ (in Graden nach Celsius).}$$

Hierin bedeutet also W die absolute Wärmemenge in Calorien, welche 1 kg des Brennstoffes enthält, und t die Temperatur der zum Verbrennungsraum zugeführten Luftmenge (L), die in Kilogrammen gegeben. Die im Nenner des Bruches auftretende 1 bezeichnet das einheitliche Gewicht des Brennstoffes und 0,237 die mittlere specifische Wärme (siehe § 5) des ganzen Gewichtes der Verbrennungsproducte.

Betrachten wir diese Gleichung, so finden wir bestätigt, was wir oben behaupteten, daß nämlich nur die Luftmenge L dem Brennmaterial zugeführt werden darf, welche zur Verbrennung desselben durchaus nöthig ist, wenn man eine hohe Temperatur T erzeugen will, und daß man eine niedrigere Temperatur erhält, wenn die Luftzuführung eine ungenügende oder eine zu große ist.

Beispiel.

Die zugeführte Luft habe die Temperatur von 0° und betrage zur Verbrennung von 1 kg Steinkohle 12 kg,

letztere habe eine Brennkraft von 7000 Calorien, so ist die Heizkraft der Steinkohle:

$$T = 0 + \frac{7000}{0,237 \cdot (12+1)} = 2272^0 \text{ C.}$$

Rechnet man mit dieser Formel auch den pyrometrischen Wärmeeffect aller übrigen Hauptbrennstoffe aus, so erhält man folgende

15. Tabelle.

Lufttrockenes Holz mit 20% Wasser . .	1575° C.
Halbgedörrtes Holz	1675° C.
Ganz gedörrtes Holz.	1775° C.
Holzkohle mit 3% Asche und 12% Wasser	2350° C.
Holzkohle, trocken	2450° C.
Torf mit 10% Asche und 30% Wasser .	1575° C.
Torf, trocken und ohne Asche	2000° C.
Torfkohle	wie Holzkohle.
Braunkohle (lufttrockenes Lignit)	1800—2000° C.
Braunkohle (gedörrtes Lignit)	2000—2300° C.
Steinkohle und zwar:	
a) Anthracit	2300° C.
b) Backkohle	2200° C.
c) Sinterkohle	2190° C.
d) Sandkohle	2160° C.
Steinkohlencoke mit 10% Wasser und 5% Asche	2350° C.
Steinkohlencoke mit 0% Wasser und 3% Asche	2450° C.
Gasförmige Brennstoffe	2300—2500° C.

Dies sind die höchsten Temperaturen, welche sich auf einem Roste in einem Feuerraume durch Verbrennung der Brennstoffe technisch erzielen lassen, wenn man die nothwendige **einfache** Luftmenge dem Brennmaterial zuführt.

Die Temperaturen, welche man **praktisch** erhält, sind nicht so hoch als diese und bedeutend geringer als die durch das Pyrometer berechneten, weil die Brennstoffe nicht mit reinem Sauerstoffe verbrennen wie bei den chemischen Untersuchungen, sondern mit atmosphärischer Luft, die bekanntlich nur 21% Sauerstoff enthält, während die übrigen 79% hauptsächlich aus Stickstoff bestehen, der eine Menge Hitze absorbirt (§ 3). Wenn man annimmt, daß bei unseren gewöhnlichen Feuerungsanlagen die vollständige Verbrennung der Brennmaterialien durch Zuführung überschüssiger Luftmengen und zwar bei **doppelter** Luftmenge erfolgt, so muß man die Berechnung des pyrometrischen Wärmeeffectes nach der Formel anstellen:

$$T = t^0 + \frac{W}{0{,}237\,(2\,L + 1)}.$$

Führt man die Berechnung nach dieser Formel durch,*) so erhält man folgende

16. Tabelle.

Holz (mit 20% Wasser)	1150° C.
Trockenes Holz	1200° C.
Torf	1210° C.
Faserige Braunkohle (Lignit)	1300° C.
Steinkohle	1360° C.
Anthracit	1360° C.
Holzkohle	1340° C.
Steinkohlencoke	1340° C.
Gasförmige Brennstoffe	1500—1800° C.

*) Bei dieser Berechnung wird der Aschengehalt des Brennstoffes ganz vernachlässigt und also ein Fehler begangen. Da aber sein Betrag ein geringer ist, da ferner die Wärmemenge, welche die Asche absorbirt, auch die Temperatur nur um wenige Grade erniedrigt, indem die specifische Wärme der Asche (0,21) sehr gering ist, so wird der Fehler unbedeutend sein.

Je höher die Temperatur der zugeführten Luft, desto höher auch die Temperatur der Verbrennungsgase; es wird also ein größerer Heizeffect erzielt werden, wenn man die zuzuführende Luft vorher erwärmt. —

Zum Schlusse wollen wir auch noch **die Temperatur von Mischungen des Wassers** betrachten, die für manchen Leser dieses Werkes von Interesse sein wird.

Wenn man eine Wassermasse von G kg Gewicht und einer Temperatur von t^0 Celsius vermischt mit einer Wassermasse von G_1 kg Gewicht und einer Temperatur von $t_1{}^0$ Celsius, so wird die Mischung eine Temperatur von

$$T = \frac{G \cdot t + G_1 \cdot t_1}{G + G_1} \text{ Grad Celsius}$$

besitzen.

Beispiel.

Eine Wassermenge von $G = 20$ kg und $t = 20^0$ C. Temperatur wird mit einer anderen Wassermenge von $G_1 = 30$ kg und $t = 40^0$ C. Temperatur vermischt. Wie groß ist die Temperatur der Mischung? Es ist:

$$T = \frac{20 \cdot 20 + 30 \cdot 40}{20 + 30} = 32^0 \text{ C.}$$

Aus obiger Gleichung läßt sich herleiten:

$$G_1 = \frac{T - t}{t_1 - T} \cdot G \text{ kg.}$$

Diese Formel kommt dann zur Anwendung, wenn man eine Wassermasse G von t^0 C. durch Mischung mit einer anderen Wassermasse von t_1 C. auf eine Temperatur von T^0 C. bringen will und dazu die Größe der zweiten Wassermasse G_1 berechnen muß.

Beispiel.

Zu einem warmen Bade soll das kalte Wasser, das eine Temperatur von 5^0 C. besitzt und 20 kg Gewicht hat (20 l)

durch heißes Wasser von 100° C. auf eine Temperatur von 30° C. gebracht werden. Wie viel Kilogramm von dem heißen Wasser müssen hinzugegossen werden?

Die Wassermasse beträgt

$$G_1 = \frac{30 - 5}{100 - 30} \cdot 20 = 7^1/_7 \text{ kg.}$$

§ 49. Vergleiche in Bezug auf Flammbarkeit und Brennbarkeit.

Für manche Zwecke ist nicht nur eine hohe Wärmeentwickelung und Heizkraft, sondern auch eine möglichst große Flammbarkeit und möglichst leichte Entzündlichkeit von großem Werthe. Wir wiesen schon im § 19 darauf hin, daß sich z. B. für Dampfkesselfeuerungen (überhaupt für Wasserdampfapparate) diejenigen Brennstoffe (namentlich Hölzer) als die geeignetsten zeigen, die mit einer möglichst großen Flamme verbrennen.

Aber auch für den ganzen Betrieb einer Feuerungsanlage ist es wichtig, ob eine Feuerung sofort in Gang gesetzt werden kann oder ob das Brennmaterial schwer oder sogar erst nach Anwendung von Hilfsmitteln (z. B. Petroleum, Zündkuchen u. s. w.) anbrennt.

Was die **Flammbarkeit** anlangt, so wissen wir aus dem § 2, daß die wasserstoffreichen Brennmaterialien mit hoher Flamme verbrennen und die anderen, aus denen durch einen Verkohlungsproceß der Wasserstoffgehalt herausgeschafft ist, mit keiner Flamme oder doch wenigstens mit einer niedrigen. Hiernach wird die Flammbarkeit eine sehr hohe sein bei den gasförmigen Brennstoffen, sehr gering, z. B. bei der Coke, und es stellt sich die Reihenfolge etwa folgendermaßen:

1. Gas (40% Wasserstoff).
2. Petroleum (14% H).
3. Holz (6 bis 7% H).
4. Torf (5% H).
5. Braunkohle (5% H).
6. Steinkohle (5% H).
7. Holzkohle (4% H).
8. Torfkohle (4% H).
9. Coke (0,4% H).

Die **Brennbarkeit** ist abhängig von der Art der chemischen Zusammensetzung der Brennstoffe, von ihrer Porösität, Härte und Feuchtigkeit. Poröse, trockene, lockere, wasserstoffreiche Brennmaterialien lassen sich leicht entzünden. Es wird also Gas und Petroleum sich hiernach leicht entzünden lassen, die harte und feste, wenig poröse Steinkohle dagegen schwer. Die Reihenfolge ist etwa folgende:

1. Gas } äußerst leicht entzündlich.
2. Petroleum }
3. Trockenes Holz }
4. Trockener Torf } leicht entzündlich.
5. Holzkohle }
6. Torfkohle }
7. Braunkohle } schwer entzündlich.
8. Coke }
9. Steinkohle, im Allgemeinen sehr schwer entzündlich.

Zur Entzündung der drei letztgenannten Brennmaterialien wird man stets leichtentzündliche Brennstoffe (Petroleum, trockenes Holz, trockener Torf, Hobelspäne und Zündkuchen) benutzen müssen, während sich die anderen Brennmaterialien zumeist mit Zündhölzern (Streichhölzern) schon in Brand stecken lassen.

§ 50. Vergleiche in Bezug auf den Preis der Feuerungs-Materialien.

Bei Ankauf eines Brennmateriales kommt der Preis desselben fast immer zuerst in Betracht und erst hernach wird auch die Heizkraft und Brennkraft desselben berücksichtigt. Aus dem Preise aber **und** der Heizkraft und Brennkraft bestimmt sich der wahre Werth eines Brennmateriales.

Wir fanden die absolute Wärmemenge des Petroleums zu 11 000 Calorien, die des Torfes zu etwa 2750 pro 1 kg Brennstoff, mithin werden 4 kg Torf ebensoviel Wärme erzeugen wie 1 kg Petroleum. Da nun die 4 kg Torf nur 4 Pfg., das 1 kg Petroleum aber 20 Pfg. kostet, so wird Torf ein besseres Brennmaterial sein als Petroleum, denn mit ihm würde man für denselben Preis eine Wärmemenge von $20 . 2750 = 55\,000$ Calorien erzeugen.

Auf dieselbe Weise werden wir im Schlußparagraphen alle Hauptbrennstoffe mit einander vergleichen.

Was nun den Preis der Brennmaterialien anlangt, so wird man für ein Kilogramm einer mittelguten Qualität im Durchschnitt bezahlen müssen:

Für Torf	etwa	0,8	Pfennig.	
„ Holz	„	1	„	
„ Holzkohle . .	„	7	„	
„ Torfkohle . .	„	6	„	
„ Steinkohlen .	„	$1\frac{1}{6}$	„	*)
„ Braunkohlen	„	2	„	

*) 100 Liter Steinkohlen wiegen etwa 130 kg und kosten im Durchschnitt 150 Pf., daraus findet sich der gewiß überraschend billige Preis von $1\frac{1}{6}$ Pf. für 1 kg Steinkohle.

Für Coke . . . . etwa 3 Pfennig. *)
" Petroleum . " 25 "
" Gas . . . . " 30 " **)

(Bei der Berechnung nach Hohlmaßen [Liter] würde sich ein ganz anderer Preis ergeben.)

Die Reihenfolge ist nach dem Preissatze also folgende:

1. Torf.
2. Steinkohle.
3. Holz.
4. Braunkohle.
5. Coke.
6. Torfkohle.
7. Holzkohle.
8. Petroleum.
9. Gas.

§ 51. Welches Brennmaterial ist das beste?

Um diese wichtige Frage nunmehr zu beantworten, wollen wir die Brennkraft mit dem Preise in Vergleich bringen, d. h. den **Brennwerth** unserer Brennmaterialien feststellen.

1. **Holz.** Es erzeugt 3700 Calorien, 1200° Temperatur und kostet pro Kilogramm 1 Pfg. Mithin kostet eine durch trockenes Holz erzeugte Wärmeeinheit:

$$w = \frac{1}{3700} = 0{,}00027 \text{ Pfennig}$$

und 1° Temperaturerhöhung:

$$t = \frac{1}{1200} = 0{,}000833 \text{ Pfennig.}$$

---

*) 100 Liter Steinkohlencoke wiegen 40 kg und kosten im Durchschnitt 125 Pf., mithin 1 kg etwa 3 Pf.

**) 1 cbm Gas wiegt etwa 0,65 kg und kostet 20 Pf. im Durchschnitt, mithin 1 kg Leuchtgas ca. 30 Pf.

2. **Torf.** Er hat pro Kilogramm eine Wärmemenge von 3800 Calorien und eine Heizkraft von 1210° C. und kostet 0,8 Pfg. Daher kostet eine Wärmeeinheit

$$w = \frac{0,8}{3800} = 0,00021 \text{ Pfennig,}$$

1° Temperaturerhöhung:

$$t = \frac{0,8}{1210} = 0,00066 \text{ Pfennig.}$$

3. **Holzkohle.** Wärmemenge = 7000 Calorien; Heizkraft = 1340° C.; Preis = 7 Pfg. pro 1 kg, also

$$w = \frac{7}{7000} = 0,001 \text{ Pfennig}$$

$$\text{und } t = \frac{7}{1340} = 0,0052 \text{ Pfennig.}$$

4. **Torfkohle.** Wärmemenge = 6000 Calorien; Heizkraft = 1340° C.; Preis = 6 Pfg. pro 1 kg, also

$$w = \frac{6}{6000} = 0,001 \text{ Pfennig}$$

$$\text{und } t = \frac{6}{1340} = 0,0045 \text{ Pfennig.}$$

5. **Steinkohle.** Wärmemenge = 7400 Calorien; Heizkraft = 1360° C.; Preis = 1,17 Pfg. pro 1 kg, also

$$w = \frac{1,17}{7400} = 0,00016 \text{ Pfennig}$$

$$\text{und } t = \frac{1,17}{1360} = 0,00086 \text{ Pfennig.}$$

6. **Braunkohle.** Wärmemenge = 5000 Calorien; Heizkraft = 1300° C.; Preis = 2 Pfg. pro 1 kg, mithin

$$w = \frac{2}{5000} = 0,0004 \text{ Pfennig}$$

$$\text{und } t = \frac{2}{1300} = 0,00154 \text{ Pfennig.}$$

7. **Coke.** Wärmemenge = 6400 Calorien; Heizkraft = 1340° C.; Preis = 3 Pfg. pro 1 kg, daher

$$w = \frac{3}{6400} = 0{,}00047 \text{ Pfennig}$$

$$\text{und } t = \frac{3}{1340} = 0{,}00224 \text{ Pfennig}$$

8. **Petroleum.** Wärmemenge = 11 000 Calorien; Heizkraft = 1500° C.; Preis = 25 Pfg. pro 1 kg, also

$$w = \frac{25}{11\,000} = 0{,}00227 \text{ Pfennig}$$

$$\text{und } t = \frac{25}{1500} = 0{,}0167 \text{ Pfennig.}$$

9. **Leuchtgas.** Wärmemenge = 12 000 Calorien; Heizkraft = 1800° C.; Preis = 30 Pfg. pro 1 kg, also

$$w = \frac{30}{12\,000} = 0{,}0025 \text{ Pfennig}$$

$$\text{und } t = \frac{30}{1800} = 0{,}017 \text{ Pfennig.}$$

Hiernach ist der **Brennwerth** bei Berücksichtigung der Brennkraft am größten bei der Steinkohle und am niedrigsten beim Leuchtgase, und es stellt sich die Reihenfolge hiernach so:

1. Steinkohle (w = 0,00016).
2. Torf (w = 0,00021).
3. Holz (w = 0,00027).
4. Braunkohle (w = 0,0004).
5. Coke (w = 0,00047).
6. Holzkohle } (w = 0,001).
7. Torfkohle }
8. Petroleum (w = 0,00227).
9. Gas (w = 0,0025).

Berücksichtigt man dagegen die Heizkraft, so stellt sich der **Brennwerth** am höchsten beim Torf, am niedrigsten beim Gas, und die Reihenfolge ist:

1. Torf (t = 0,00066).
2. Holz (t = 0,00083).
3. Steinkohle (t = 0,00087).
4. Braunkohle (t = 0,00154).
5. Coke (t = 0,00224).
6. Torfkohle (t = 0,0045).
7. Holzkohle (t = 0,0052).
8. Petroleum (t = 0,0167).
9. Gas (t = 0,017).

Nunmehr können wir die Frage, welches das beste Brennmaterial ist, beantworten.

Wenn man lediglich die Brennkraft und Heizkraft im Vergleiche zum Preise berücksichtigt und ganz absieht von den Eigenthümlichkeiten der einzelnen Brennstoffe, welche dieselben für diesen oder jenen Zweck ganz besonders empfehlenswerth erscheinen lassen, sowie absieht von der Brennbarkeit, Flammbarkeit und vom Luftverbrauch, so wird man ohne alle Frage rechnen müssen:

a) zu den vorzüglichsten Brennmaterialien: **Steinkohle, Holz (Buchen-** und **Eichenholz)** und **festen** und **trockenen Torf;**

b) zu den guten Brennmaterialien: **Braunkohle** und **Steinkohlencoke;**

c) zu den mittelmäßigen Brennmaterialien: **Holzkohle** und **Torfkohle;**

d) zu den schlechten Brennmaterialien: **Petroleum** und **alle gasförmigen Brennstoffe.**

Ist die Wahl keine freie, sondern auf wenige Heizmaterialien beschränkt, so läßt sich das beste von ihnen aus obigen Reihenfolgen leicht finden.

Das für gewisse Zwecke vortheilhafteste Brennmaterial wird sich aus dem, was bei den einzelnen Brennstoffen gesagt wurde, ebenfalls leicht ermitteln lassen.

Druck von Oskar Bonde in Altenburg.

Krüger

Die lehre von den brennmaterialen